

Etude sur les moûts concentrés de raisins

THÈSE

présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Pharmacie de Montpellier

le 1^{er} juin 1945

PAR

G. SIMONNEAU

Pharmacien Chimiste de 2^e classe de la Marine
Licencié ès-Sciences

pour obtenir le diplôme de Docteur en Pharmacie d'Etat

JURY

MM. P. JAULMES, Professeur, *Président*
A. ASTRUC, Doyen
E. CANALS, Professeur.

Assesseurs.

MONTPELLIER

IMPRIMERIE DE LA CHARITÉ

1946



SIMONNEAU (Georges). —

Etude sur les moûts concentrés de raisins.

— *Montpellier, Impr. de la Charité, 1946, 120 p., in-8°.*

(Thèse Pharm., Montpellier, 1946, n° 7)

SIMONNEAU (Georges). —

Etude sur les moûts concentrés de raisins.

— *Montpellier, Impr. de la Charité, 1946, 120 p., in-8°.*

(Thèse Pharm., Montpellier, 1946, n° 7)

SIMONNEAU (Georges). —

Etudes sur les moûts concentrés de raisins.

— *Montpellier, Impr. de la Charité, 1946, 120 p., in-8°.*

(Thèse Pharm., Montpellier, 1946, n° 7)

SIMONNEAU (Georges). —

Etude sur les moûts concentrés de raisins.

— *Montpellier, Impr. de la Charité, 1946, 120 p., in-8°.*

(Thèse Pharm., Montpellier, 1946, n° 7)

**Etude sur les moûts concentrés
de raisins**

Etude sur les moûts concentrés de raisins

THÈSE

présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Pharmacie de Montpellier

le 1^{er} juin 1945

PAR

G. SIMONNEAU

Pharmacien Chimiste de 2^e classe de la Marine
Licencié ès-Sciences

pour obtenir le diplôme de Docteur en Pharmacie d'Etat

JURY	{	MM. P. JAULMES, Professeur, <i>Président</i>	{	<i>Assesseurs.</i>
		A. ASTRUC, Doyen		
		E. CANALS, Professeur.		

MONTPELLIER

IMPRIMERIE DE LA CHARITÉ

1946

Faculté de Pharmacie de Montpellier

ADMINISTRATION

MM.	
A. ASTRUC (O. ✱, I. P. ☞)	Doyen.
E. CANALS (I. P. ☞)	Assesseur.
TOURRETTE (I. P. ☞)	Secrétaire.

PROFESSEURS

MM.	
A. ASTRUC (O. ✱, I. P. ☞)	Phar. galénique et pharmacodynamie.
C. HOLLANDE (I. P. ☞)	Zoologie et micro-biologie.
A. JUILLET (I. P. ☞)	Botanique et matière médicale.
E. CANALS (I. P. ☞)	Physique.
P. JAULMES (A. ☞)	Analyse et Toxicologie.
R. DOLIQUE (A. ☞)	Chimie minérale et Pharmacie industrielle.
J. GIROUX, professeur sans chaire.	Pharmacodynamie.
R. GRANGER, chargé du cours	Chimie organique pharmaceutique.
P. CASTEL (A. ☞) chargé du cours	Pharmacie chimique.

DOYEN HONORAIRE

M. G. MASSOL (✱, I. P. ☞, ☛)

PROFESSEURS HONORAIRES

MM.	
M. MOUSSERON, (A. ☞) professeur à la Faculté des Sciences.	
A. FAUCON (O ✱, I. P. ☞, ☛, C GO ✕)	

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

MM.	
A. JUILLET (I.P. ☞)	Botanique.
E. CANALS (I.P. ☞)	Hydrologie.
P. JAULMES (A. ☞)	Toxicologie.
R. DOLIQUE (A. ☞)	Pharmacie industrielle.
J. GIROUX	Physiologie.
J. SUSPLUGAS	Cryptogamie et Zoologie.
P. MONNIER	Chimie biologique.
L. ASTRUC	Législation pharmaceutique.

CHEFS DE TRAVAUX PRATIQUES

MM.	
L. FARRÉ (I. P. ☞)	Chimie et Pharmacie.
J. SUSPLUGAS	Histoire naturelle.
R. MARIGNAN	Chimie.

NOTA. — La Faculté de Pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les candidats dans les thèses ou synthèses qui sont présentées.



A LA MÉMOIRE DE MA MÈRE

A TOUS LES MIENS

A TOUS CEUX QUI ME SONT CHERS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR JAULMES
Professeur de Chimie Analytique et Toxicologie
à la Faculté de Pharmacie de Montpellier

A MONSIEUR LE DOYEN ASTRUC
Professeur de Pharmacie galénique et Pharmacodynamie
à la Faculté de Pharmacie de Montpellier

A MONSIEUR LE PROFESSEUR CANALS
Professeur de Physique
à la Faculté de Pharmacie de Montpellier

A MES CHEFS DE LA MARINE

AU PHARMACIEN COMMANDANT DURAND
Chef du Laboratoire Régional des Substances de Montpellier
Faculté de Pharmacie de Montpellier

AVANT-PROPOS

Au moment de présenter ce modeste travail, je tiens à remercier mon maître et président de thèse, Monsieur le Professeur JAULMES ; pour la façon si bienveillante dont il m'a accueilli dans son laboratoire, lors de mon arrivée à Montpellier, et dont il a guidé mes recherches au cours des mois qui ont suivi. C'est grâce à son entrain infatigable, qu'en dépit des circonstances défavorables j'ai pu mener à bien cette thèse. Qu'il trouve ici l'expression de toute ma reconnaissance.

Je tiens à remercier Monsieur le Doyen ASTRUC de l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de me juger aujourd'hui. Je n'oublierai jamais que c'est à lui que je dois la possibilité de cette soutenance brusquée par les événements. Qu'il soit assuré de toute ma gratitude et de mon profond respect.

Je veux dire à Monsieur le Professeur CANALS combien j'ai été touché de l'honneur et de la sympathie qu'il m'a témoignés en voulant bien faire partie de mon jury. Je suis heureux de l'en remercier ici respectueusement.

Je suis heureux, également, d'exprimer ma reconnaissance au Pharmacien Commandant DURAND, chef du Laboratoire régional des Subsistances de Montpellier, auquel je dois de pouvoir présenter aujourd'hui cette thèse, grâce aux facilités de travail qu'il n'a cessé de m'accorder pendant toute la durée de mon affectation dans son service.

Que mes collègues de laboratoire enfin, tant des Subsistances que de Toxicologie, sachent que je les quitte avec regret et que je n'oublierai pas l'atmosphère de cordiale sympathie que j'ai toujours rencontrée auprès d'eux.



INTRODUCTION

En février 1944, le président du Syndicat des concentrateurs professionnels de moûts de raisins de la région de Montpellier, était venu demander à mon Maître, le Professeur JAULMES, d'établir, si cela était possible, une table permettant de déterminer la richesse en sucres des concentrés de raisins d'après la densité et d'après l'indice de réfraction, déterminations physiques très rapides, économiques, et qui peuvent être effectuées sans connaissances spéciales.

L'intérêt économique du problème posé, son intérêt scientifique réel nous ont paru suffisant pour justifier une étude sérieuse de cette question que nous avons entreprise dès avril 1944.

Il est certain que pour effectuer une étude complète il ne fallait pas seulement se contenter d'analyser un certain nombre de moûts et de jus concentrés en comparant la densité, et l'indice de réfraction à la teneur en sucres obtenue par des déterminations chimiques. Il nous a paru intéressant d'étudier en même temps la composition chimique des moûts concentrés de manière à préciser leur composition pour pouvoir mieux comprendre les relations que nous pouvions espérer établir entre la richesse en sucres, la densité et l'indice de réfraction, pour pouvoir en mieux connaître la valeur alimentaire et diététique ainsi que pour permettre l'établissement des normes de cette si intéressante catégorie de produits.

Notre programme d'étude a dès lors été le suivant :

1^o Etudier un jus de raisin concentré dont nous pouvions disposer en grande quantité, en vue de déterminer la relation entre la densité, l'indice de réfraction et la teneur en sucres, en travaillant sur des dilutions plus ou moins fortes de jus concentré ainsi que sur un concentré hyperconcentré. Cette étude devait nous permettre

de plus de déterminer les lois de la dilatation de ces produits afin d'établir une règle de corrections de température pour les mesures de densité et d'indice de réfraction. Ce travail a été complété par l'étude de différents prélèvements d'un moût de même origine pendant l'opération de la concentration.

2° En nous adressant à des moûts et des concentrés d'origines diverses, nous avons alors cherché à établir les valeurs numériques exactes de cette relation entre la richesse en sucres, la densité et l'indice dans la mesure où cela s'est avéré possible.

3° Ayant établi ces relations, nous nous sommes proposé alors de calculer les tableaux de correspondance entre ces éléments.

4° Nous avons voulu analyser un assez grand nombre de moûts d'origines diverses et de fabrications différentes en y déterminant, indépendamment de la teneur en sucres, les richesses en différents ions métalliques, les teneurs en acide tartrique, en azote total, etc... de manière à contrôler la commodité et l'exactitude des méthodes, d'analyses de ces produits proposés par MM. JAULMES et DELGA ⁽¹⁾ que nous avons complétés d'ailleurs par le dosage d'un certain nombre d'éléments que n'avaient pas envisagés ces auteurs. Ce travail devait nous permettre de préciser la composition de ces jus concentrés mieux que cela n'avait été fait jusqu'à nous et ainsi nous pensions pouvoir mieux préciser la valeur alimentaire et diététique de ces concentrés et de plus, permettre la recherche des manipulations frauduleuses dont ils pourraient être l'objet.

5° Nous nous sommes proposé de doser les principales vitamines dans ces jus, car un trop petit nombre de travaux encore ont été publiés sur ce sujet et la valeur vitaminique des jus de raisins et moûts concentrés est encore mal connue. Il ne faut pas oublier que le plus souvent, le jus de raisin est sulfité pour permettre sa conservation avant sa concentration ; l'action de l'anhydride sulfureux peut diminuer d'une façon très importante la teneur en vitamines ; la température à laquelle se fait la concentration, peut avoir une influence importante sur cette teneur ainsi que l'appareil dans lequel cette opération est effectuée. Cette teneur varie certainement avec le vieillissement pendant lequel le produit se madérise d'une façon importante.

⁽¹⁾ JAULMES et DELGA, *Sixième rapport sur les Travaux du Bulletin Central des recherches*. (Annexe III, 1943, p. 147.)

6° La conservation de ces moûts n'a pas été étudiée d'une façon suivie. Il se forme toujours une petite quantité d'alcool en dehors de toute fermentation violente et quelquefois le gaz carbonique apparaît en quantité suffisante pour provoquer l'éclatement des bouteilles, ce qui occasionne de graves ennuis aux fabricants et commerçants en ces produits.

7° La quantité d'anhydride sulfureux qui doit subsister dans ces concentrés étant limitée par la Loi (décret du 1^{er} octobre 1938) relative au commerce des jus de fruits, nous avons pensé qu'il serait très intéressant d'étudier le départ de l'anhydride sulfureux pendant la concentration, de manière à pouvoir préciser les conditions dans lesquelles on obtient un désulfitage satisfaisant.

Tel est le but que nous nous étions proposé en commençant l'élaboration de ce travail au Laboratoire Régional des Substances de Montpellier auquel nous avons été affecté en avril 1944.

Malheureusement pendant la plus grande partie de 1944, nous avons été privé par l'effet des événements mémorables qui ont marqué cette année, de l'approvisionnement en matières premières, produits chimiques et surtout de gaz. Nous n'avons pas pu nous déplacer aussi souvent que nous aurions voulu pour nous procurer des concentrés d'origines diverses, et finalement un départ brusqué vers une nouvelle affectation nous a obligé de cesser notre travail de recherches avant que nous n'ayons atteint tous les buts que nous nous étions fixés. Tout en regrettant vivement de ne présenter qu'un travail inachevé, nous espérons que l'intérêt des résultats acquis justifie leur publication.

CHAPITRE PREMIER

RELATION ENTRE LA DENSITÉ ET LA TENEUR EN SUCRES

Le sucre est de beaucoup l'élément le plus abondant dans les moûts de raisins et à fortiori dans les moûts concentrés. La valeur alimentaire commerciale d'un moût — comme d'ailleurs d'un moût concentré — est d'autant plus grande qu'il est plus riche en sucres. Aussi, de même que les vins se vendent proportionnellement à leur teneur en alcool, il serait logique de vendre les moûts de raisins proportionnellement à leur teneur en sucres. Malheureusement le dosage chimique des sucres est une opération malgré tout assez délicate et qui ne peut être confiée qu'à un chimiste ; c'est là une difficulté qu'il faudrait pouvoir résoudre par une détermination physique infiniment plus rapide et facile. La mesure de la densité est certainement le procédé le plus simple qui vient à l'esprit pour résoudre ce petit problème. Un jus sucré est d'autant plus dense que sa teneur en sucres est plus élevée.

Cas des solutions pures de saccharose. — Examinons le problème tout d'abord dans le cas simple où la solution ne contient qu'un seul sucre dissous. Ce cas est d'ailleurs bien connu pour le saccharose et nous trouvons aussi bien au Codex que dans toutes les tables de constantes les tableaux donnant la densité en fonction du titre. Une des plus récentes a été indiquée en 1903 par Emile SAILLARD ⁽¹⁾ qui est en réalité la quinzième table publiée depuis 1824 !

Nous pouvons d'ailleurs essayer de calculer la relation qui relie la concentration du sucre en grammes par litre à la densité.

Soit D la densité de la solution à 15° par rapport à l'eau à 15°,
 m la masse spécifique de l'eau pure à 15°.

A cette température, 1 litre de solution pèse 1.000 Dm grammes.

A ce litre^e enlevons les p grammes de sucres qu'il contient et

⁽¹⁾ SAILLARD. — *Betterave et Sucrerie de betterave*. Béranger, édit., Paris, 1923, p. 74.

remplaçons-les par le même volume d'eau, ce volume d'eau pèse $\frac{pm}{e}$ grammes, e étant la densité moyenne de sucre à l'état dissous.

Ecrivons que nous avons alors 1 litre d'eau pure qui pèse 1.000 m grammes.

$$1.000 Dm - p + \frac{pm}{e} = 1.000 m;$$

$$\text{d'où } p = \frac{1.000 me}{(e - m)} (D - 1)$$

Comme $m = 0.999126 \text{ g./cm}^3$, on peut sans inconvénient remplacer m par 1 et on a alors :

$$p = \frac{1.000 e}{e - 1} (D - 1) \quad [1]$$

Si nous admettons que $e = 1.63$ pour le sucre dissous, nous obtenons $p = 2587 (D - 1)$.

Cette relation établie par un raisonnement simple nous montre que, en principe, la densité et la concentration exprimées en grammes de sucre par litre sont reliées par une relation linéaire. Le seul défaut de ce raisonnement est qu'il n'a pas été tenu compte de la contraction qui se produit au moment de la dissolution ou du mélange de deux produits.

Que devons-nous penser de la validité de cette relation quand il s'agit d'une solution de saccharose pur dans l'eau, cas le plus simple possible ? Pour cela reportons-nous aux tables de constantes où nous trouvons ces relations entre densités et concentrations, par exemple la table n° 258 du *Memento du Chimiste* (1) qui est très voisine de la table de SAILLARD, et calculons le rapport $\frac{t D}{D-1}$ puisque dans ces tables les titres t sont donnés en grammes de sucres pour 1.000 g. de mélange, alors que dans notre formule la richesse saccharine p est donnée en grammes par litre. Nous observons que ce rapport égal pour les faibles concentrations (inférieures à 18 %) à 2587 ± 4 , croît faiblement tout d'abord, puis d'une façon plus marquée quand la concentration augmente. Ce rapport est égal à 2.600 pour un titre de 25 %, atteint 2.625 pour un titre de 42 %, 2.660 pour un titre de 60 %, 2.705 pour un titre de 75 %, 2.740 pour un titre de 85 % et atteindrait 2.793 pour les sucres à 100 %, donc pour le sucre solide.

Nous remarquons que ces tables donnent des densités pour des

(1) BOLL, et BAUD. — *Memento du chimiste*, I, 1942, p. 599, Dunod, Paris.

mélanges qui sont bien plus que saturés. Au delà de la saturation qui est atteinte pour 66 g. 3 de sucre pour 100 g. de solution à 15°, nous avons affaire évidemment à des pâtes plus ou moins liquides formées d'un sirop saturé et de sucre solide. Le sucre n'a certainement pas la même densité à l'état solide qu'à l'état liquide et il ne faut pas nous étonner outre mesure que pour ces mélanges hétérogènes, les phénomènes soient un peu compliqués et que la courbe représentative des variations de la densité ne soit plus une droite. Quoiqu'il en soit, ces variations sont effectivement appréciables même en dessous de la saturation et montrent qu'en toute rigueur, la formule que nous avons établie plus haut n'est qu'approchée. Il ne faut pas oublier en effet que lorsqu'on mélange deux liquides ou lorsqu'on dissout un solide dans un liquide, on observe très fréquemment une diminution du volume final.

Ce phénomène appelé contraction provient de ce que les molécules d'eau étant beaucoup plus petites que les molécules de sucres, celles-ci se mettent dans les espaces libres laissés entre les molécules de sucres, ce qui diminue le volume total prévu par l'addition des volumes mélangés. On comprend facilement que ce phénomène ne soit important que pour les solutions fortement chargées en matières sucrées.

Nous pouvons remarquer pourtant qu'on peut considérer la formule précédente comme parfaitement satisfaisante quand le titre est inférieur à 300 grammes par litre, étant donné que le rapport ne varie que de 2.587 à 2.600 lorsque le titre est inférieur à 300, et que dans tout dosage chimique de sucre l'erreur relative est de l'ordre de 5 ‰, si bien que l'usage de cette formule conduit sensiblement à la même précision.

On peut la considérer comme suffisamment exacte jusqu'à titre de 700 g./litre, le rapport n'augmentant que de 2.600 à 2.700. Au delà il y a des écarts plus appréciables entre la pratique et les résultats donnés par la formule ci-dessous. Lorsque l'on construit la courbe des variations de la densité en fonction de la teneur en sucre en grammes par litre, on arrive aux mêmes conclusions que par le calcul. Tous les points figuratifs se trouvent sur une droite au-dessous de la concentration de 800 g./litre. Au delà la courbe représentative est au-dessous de la droite.

Cette étude préliminaire nous montre qu'il n'est pas utopique, si l'on se contente d'une approximation, de rechercher une relation mathématique très simple entre la densité et la teneur en sucre par

litre. Cette relation est pour le saccharose en tenant compte surtout des solutions concentrées pour l'établissement du coefficient :

$$p = 2.667 (D - 1) \quad [3]$$

qui donne pour toutes les solutions inférieures à la saturation la teneur en sucre à moins de 10 grammes près par litre.

Remarquons que si nous exprimons la teneur en sucre t en grammes par kg. au lieu de grammes par litre, la courbe représentative des variations de t en fonction de D n'est plus une droite, même pour les solutions diluées. En effet, puisque la relation [3] est approximativement vraie, nous pouvons écrire que

$$t = 2.667 \left(1 - \frac{1}{D}\right) \quad [4]$$

fonction dont les variations ne sont pas représentées par une droite.

Cas des jus de raisins naturels et concentrés. — Abordons maintenant le cas plus compliqué des moûts et des moûts concentrés. Ce cas diffère des précédents parce que la nature du sucre n'est pas la même ; nous avons affaire ici à un mélange équimoléculaire de glucose et lévulose et surtout parce que nous trouvons dans le jus de raisin des substances extractives diverses, des sels, qui viennent augmenter la densité et dont la quantité peut varier d'une façon importante suivant l'origine du fruit. Il est bien évident que devant l'incertitude où l'on se trouve quant à la teneur en matières extractives, nous ne pouvons pas espérer établir une table mustimétrique qui permette d'établir d'une façon *rigoureuse* la teneur en sucre d'après la densité. Dans tout ce qui va suivre, nous appellerons p le poids total sucre + non sucre calculé d'après la densité comme ci-dessus et p' le poids réel de matières sucrées.

MM. SALLERON et DUJARDIN ⁽¹⁾ ont admis que les matières extractives contenues dans les jus de raisin avaient la même action que 30 grammes de sucre de raisin, et cela quelle que soit l'origine du moût et sa richesse.

Ainsi ces auteurs ont établi une table mustimétrique universellement employée pour les moûts naturels calculés en utilisant la formule :

$$p' = 2.667 (D - 1) - 30 \quad [5]$$

Cette valeur de 30 grammes pour l'extrait non sucré dans les moûts ne peut être que conventionnelle. Il est presque certain qu'en

⁽¹⁾ Cf. JAULMES. — *Analyse des vins*. Dubois et Poulain, Montpellier, 1942, p. 16.

réalité l'extrait non sucres varie dans le même sens que le degré de concentration naturelle du jus de raisin. Le rapport $\frac{\text{alcool}}{\text{extrait}}$ dans les vins n'est-il pas à peu près constant ?

D'ailleurs certains auteurs comme BLAREZ ont proposé d'augmenter ce terme soustractif et de le porter à 35 pour les moûts acides et 38 pour les moûts de raisins atteints de pourriture noble.

En 1933, MM. BENVENIN et CAPT (1) ont admis que l'extrait non sucres était en réalité égal au cinquième de la teneur en sucres pour les moûts naturels — la relation devient alors (2) :

$$p' = 2.700 (D - 1) - \frac{p'}{5} \quad [6]$$

$$p' = 2.250 (D - 1) \quad [7]$$

Ces auteurs ont prouvé sur quelques moûts naturels que cette formule donne des résultats très satisfaisants, qu'ils retrouvent les sucres dosés chimiquement avec une approximation de 1 à 3 grammes près. Pour les moûts concentrés, tenant compte de la précipitation d'une partie des matières extractives pendant la concentration (crème de tartre principalement), ils admettent que l'extrait non sucres représente environ les 12 % des sucres au lieu des 20 % et que par conséquent $\frac{8}{20}$ soit 40 % de l'extrait disparaît au cours de la concentration. Cette évaluation est très raisonnable si l'on songe qu'un moût qui a 20 grammes d'extrait contient habituellement 5 à 6 grammes de crème de tartre qui traduite en sucre fait 6 à 7 g. La relation entre la densité et la teneur en sucres devient alors :

$$p' = 2.700 (D - 1) - 0,12 p' \\ \text{soit } p' = 2.416 (D - 1) \quad [8]$$

Cette formule a donné à MM. BENVENIN et CAPT des résultats satisfaisants puisqu'elle leur permet de retrouver avec un écart ne dépassant jamais 16 grammes pour 900 grammes la quantité de sucre dans un moût concentré.

Ces formules sont évidemment intéressantes ; pourtant ces auteurs ont pris soin de préciser qu'elles ne pouvaient pas donner un résultat aussi rigoureux qu'un dosage chimique.

(1) BENVENIN et CAPT. — *Bull. intern. Vin.*, 1933, n° 66, p. 17.

(2) Ces auteurs ont augmenté à 2.700 le coefficient 2.667, pour des raisons qu'ils ne précisent pas.

En 1939, M. Paul MÉRIC ⁽¹⁾ a dressé une nouvelle table mustimétrique qu'il a publiée dans son livre « La concentration des moûts et des vins ». Cet auteur, partant de nombreuses analyses de moûts concentrés, remarque que le rapport du non sucre au sucre varie en réalité en sens inverse de la densité. Ce rapport qui est de 17,9 % pour un moût faiblement concentré contenant 200 g. de sucre par litre, atteint 13,1 % à 400 g., 12,1 % à 526 g. et 11,2 % à 555 g.

Aussi cet auteur a adopté pour le rapport $\frac{\text{non sucres}}{\text{sucres}}$ une valeur qui varie de 11 à 14 % lorsque la concentration varie de 15 à 35° Baumé. La formule est alors :

$p' = (D - 1) 2.325$ pour un moût à 15° Baumé, et ce coefficient numérique doit être augmenté de 5 par degré Baumé en plus de 15. Autrement dit, la formule qui exprime la proportion de sucres est la suivante :

$$p' = [2.325 + 5 (B - 15)] (D - 1) \quad [9]$$

Grâce à cette formule, M. MÉRIC a établi la table mustimétrique dont l'auteur affirme l'exactitude sans que toutefois il soit possible de savoir à quelle précision près.

Cette formule est peut-être très exacte mais elle introduit un élément supplémentaire, le degré Baumé, qui la complique. On sait d'ailleurs que le degré Baumé B est égal à $144.32 (1 - \frac{1}{D})$. Portant cette valeur dans l'équation ci-dessus, on peut arriver à éliminer B et on a :

$$p' = 2.971,6 D + \frac{721,6}{D} - 3.693,2 \quad [10]$$

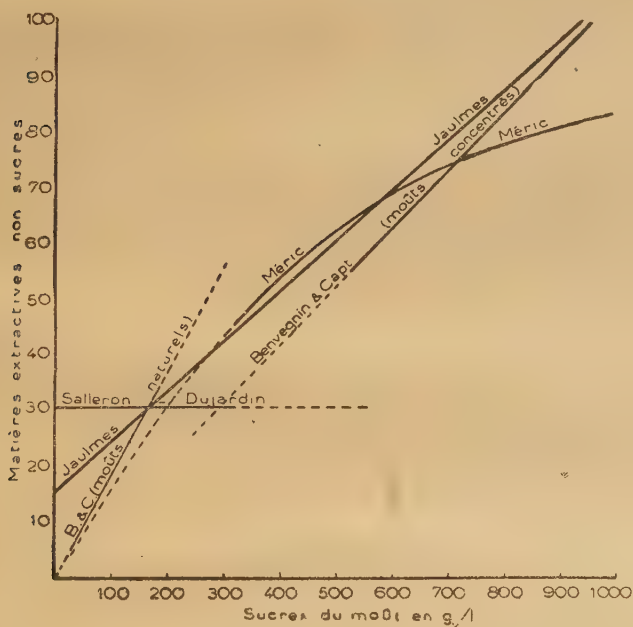
En 1942 M. JAULMES a proposé une formule plus simple que la précédente et qu'il a établie après avoir comparé un assez grand nombre d'analyses de moûts naturels et concentrés. Cet auteur ayant construit la courbe des variations de la teneur en extrait non sucres en fonction de la teneur en sucres, a observé qu'il obtenait une droite oblique coupant l'axe des ordonnées en un point d'ordonnée 15.3. En d'autres termes, l'extrait d'un moût naturel ou concentré est exprimé en sucres, égal à 15.3 augmenté d'une quantité d'extrait égale au 9/100 du poids de sucres.

$$p' = 2.667 (D - 1) - 0,09 p' - 15,3$$

(1) MÉRIC. — *La concentration des moûts et des vins*. Editions Larroche, Toulouse, 1939, p. 68.

d'où $p' = 2.450 (D - 1) - 14$ [II]

Remarquons que l'hypothèse faite par M. JAULMES est plus vraisemblable que celles effectuées implicitement par ses prédécesseurs. L'hypothèse d'un extrait absolument fixe (égal à 30 de SALLERON) est évidemment invraisemblable. L'hypothèse d'un extrait qui tend vers zéro en même temps que la teneur en sucre ne paraît guère plus vraisemblable. On observe en effet que dans le jus de raisin il y a toujours une certaine compensation entre les éléments dissous : par exemple : l'acidité est dans une certaine mesure complémentaire du sucre. Dans les vins anormaux, nous observons toujours une grande richesse en potasse, etc. La courbe ci-jointe permet de comparer facilement suivant les indications de ces auteurs, les différentes hypothèses pour expliquer le même phénomène naturel et on peut constater qu'il y a un accord assez grand entre eux malgré la différence des formules ou des valeurs numériques des coefficients.



Nous remarquons par exemple que pour les moûts de 160 à 170 g par litre (9 à 10 degrés d'alcool après fermentation), cas le plus fréquent, il y a une identité dans la teneur en matières extractives

admise par nos prédécesseurs. De même on observe une bonne concordance entre les teneurs en matières extractives des moûts concentrés.

La formule de M. JAULMES a l'avantage d'être relativement simple. Il s'agit de savoir si elle exprime bien la relation naturelle que l'on peut observer dans la composition de moûts naturels et concentrés. C'est cette vérification que nous allons maintenant entreprendre.

VÉRIFICATION EXPÉRIMENTALE

Nous avons d'abord recherché dans la bibliographie des analyses de moûts naturels ou concentrés. Comme moûts naturels nous avons trouvé dans les *Annales de falsification et des fraudes* des analyses de 105 moûts d'Algérie des récoltes 1923, 1924, 1925, 1926 et 1928, dues à MM. POUGET et BONNIER ⁽¹⁾, les analyses de 20 moûts de l'Aude de la récolte 1921 dues à M. SEMICHON ⁽²⁾ et les analyses de 90 moûts de l'Hérault des récoltes 1919, 1931, 1932, 1933, 1934 et 1935 dues à M. COULOUMA ⁽³⁾. Le *Bulletin de l'Office International du Vin* nous a apporté les analyses de 6 moûts de l'Aude ou de l'Hérault par M. VALAIZE ⁽⁴⁾, et les analyses de 7 moûts suisses dues à MM. BENVEGNIN et CAPT ⁽⁵⁾. Les 155 analyses de moûts 1937 et 1938 effectuées par Mlle LAMAZOU-BETHEDER et publiées aux *Annales de Technologie agricole* de 1939 n'ont pu être utilisées, car cet auteur n'a donné aucun tableau, mais seulement des graphiques inutilisables pour nous.

Toutes ces analyses sont portées sur le graphique ci-contre sous forme d'un point en portant la teneur en sucres déterminée chimiquement en abscisse, et la densité en ordonnée.

Nous y avons ajouté également le résultat de nos déterminations personnelles qui portent sur 12 moûts naturels de la plaine languedocienne Hérault - Aude - Pyrénées-Orientales, dont les résultats sont portés au tableau ci-dessous.

⁽¹⁾ POUGET et BONNIER. — *Ann. Fals. Fraudes*, 1924, p. 23 ; 1925, p. 98 ; 1926, p. 88 ; 1927, p. 91 ; 1929, p. 582.

⁽²⁾ SEMICHON. — *Ibidem*, 1922, p. 16.

⁽³⁾ COULOUMA. — *Ibidem*, 1920, p. 343 ; 1932, p. 209 ; 1933, p. 292 ; 1934, p. 285 ; 1935, p. 224 et 420.

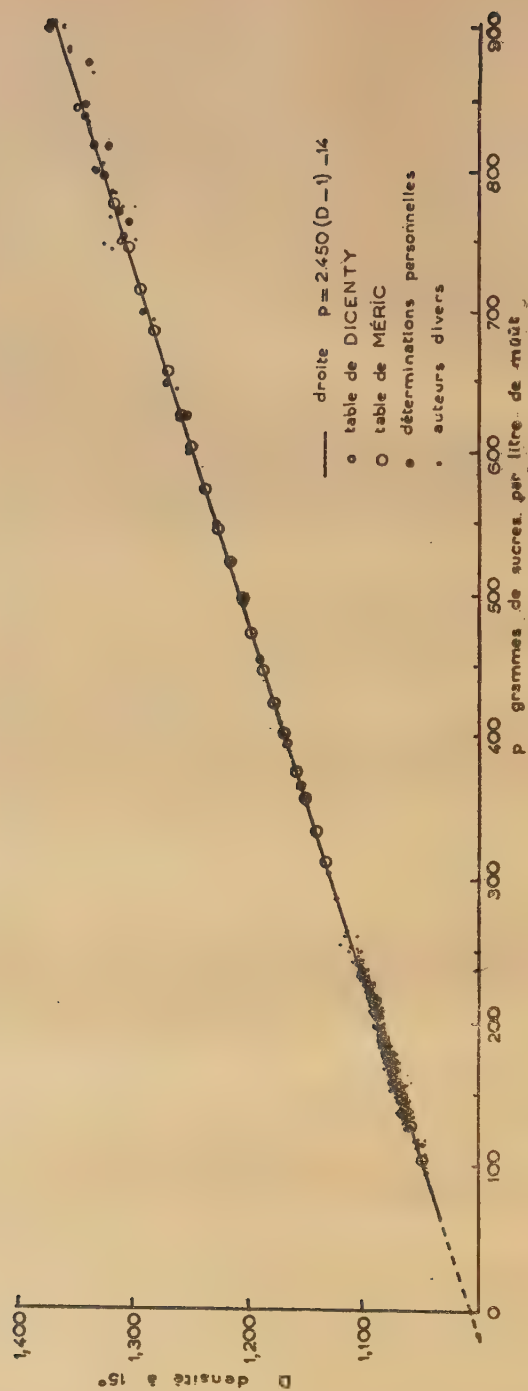
⁽⁴⁾ VALAIZE. — *Bull. intern. Vins*, 1943, n° 156, p. 66.

⁽⁵⁾ BENVEGNIN et CAPT. — *Ibidem*, 1933, n° 66, p. 70.

TABLEAU DE NOS RÉSULTATS PERSONNELS ⁽¹⁾

Densité	Sucres chimiques		Sucres calculés par [11]	
	g/kg	g/l	g/kg	g/l
1.0606	130.6	138.5	126.7	134.4
1.0703	145.9	156.2	147.8	158.2
1.0745	160.3	172.2	156.9	168.5
1.0746	157.1	168.7	157.1	168.7
1.0770	164.3	177.	162.1	174.6
1.0820	173.5	187.5	172.7	186.9
1.0889	198.8	216.5	187.	203.7
1.0964	205.2	225.5	202.6	222.1
1.1016	213.	234.6	213.2	234.9
1.1505	307.9	354.3	308.3	354.3
1.1571	317.	366.8	320.5	370.8
1.1681	339.	396.	340.6	397.8
1.1922	382.1	455.5	383.4	457.1
1.2078	411.	496.4	409.9	495.1
1.2561	501.	629.3	488.4	613.4
1.3095	582.	762.1	568.3	744.2
1.3128	568.9	746.8	573.	752.3
1.3181	584.6	770.5	580.6	765.1
1.3236	618.	818.	588.	778.8
1.3304	598.6	796.	597.8	795.5
1.3534	647.	875.6	629.4	851.8
1.3377	610.	816.	608.	813.3
1.3465	629.	846.9	620.	834.9
1.3470	625.6	842.7	620.7	836.1
1.3760	658.	905.4	659.3	907.2
1.4379	738.	1061.2	736.4	1058.9

⁽¹⁾ Nous avons jugé inutile de reproduire les résultats de nos devanciers, qu'il est facile de retrouver dans les publications originales ou sur notre graphique.



Représentation des résultats de nos devanciers et des nôtres :
246 moûts naturels - 76 moûts concentrés.

On peut observer que l'ensemble de ces moûts naturels ne se plac e pas suivant une ligne, mais en réalité occupe une région dont l'axe est bien la droite $p' = 2.450 (D - 1) - 14$.

Pour les moûts concentrés nous avons trouvé un nombre restreint d'analyses : on doit à M. FABRE ⁽¹⁾ l'analyse de 6 moûts concentrés d'Algérie, à MM. GAROGLIO et BARINI BANCHI ⁽²⁾ celle de 3 moûts concentrés d'Italie, à MM. BENVENIN et CAPT l'analyse de 14 moûts concentrés suisses. Par contre, M. DICENTY ⁽³⁾ a indiqué un tableau de correspondance entre la densité et la teneur en sucres des moûts concentrés hongrois qui présente pour nous un grand intérêt car il représente la composition d'un nombre sans doute important de moûts de l'Europe Centrale. M. MÉRIC ⁽⁴⁾ a publié également une table mustimétrique établie par la formule rapportée plus haut et qui a subi le contrôle d'une expérimentation sans doute très large.

Pour notre part nous avons analysé 15 moûts concentrés de la région languedocienne : Lunel, Perpignan, Montpellier, St-Gilles, etc., dont les résultats sont rapportés dans le tableau ci-dessus. La densité a été mesurée par la méthode au pycnomètre avec toutes les précautions habituelles. Elles sont rapportées à l'eau à 15°.

Tous les résultats ont été reportés sur le graphique ci-contre où il est facile de les distinguer en se servant de la légende.

On reconnaîtra une bonne concordance entre les données expérimentales et les données du calcul, en particulier les données des tables de DICENTY et de MÉRIC s'inscrivent sur notre droite d'une façon très satisfaisante, si bien que l'on peut considérer que la formule $p' = 2.450 (D - 1) - 14$ représente bien la teneur moyenne en sucre des moûts naturels concentrés autant que cela est possible eu égard aux variations de la teneur en extrait non sucré des moûts naturels.

Il nous est dès lors facile d'établir notre table de correspondance entre D et p et que l'on trouvera à la fin de l'ouvrage pour plus de commodité (Tableau I).

⁽¹⁾ FABRE. — *Bull. inter. Vin.*, 1933, n° 57, p. 49, etc...

FABRE et BRÉMOND. — *Ann. Fals. Fraudes*, 1933, p. 531.

⁽²⁾ GAROGLIO et BARINI BANCHI. — *Bull. inter. Vin.*, 1941, n° 147, p. 90.

⁽³⁾ DICENTY. — *Ibidem*, 1935, 8, n° 90, p. 218.

⁽⁴⁾ MÉRIC. — *La concentration des moûts et des vins*. Laboratoires Larroche, Toulouse, 1939, p. 67.

Influence de la température sur la densité. — Généralement les densités sont mesurées à la température de 15°. Nous avons estimé normal de nous conformer à cet usage et nous avons exprimé nos résultats à cette température. Mais il est rare que la mesure soit réellement faite à 15° ; aussi est-il nécessaire de pouvoir corriger les lectures faites à des températures différentes. Et, comme le coefficient de variation de la densité en fonction de la température n'est pas le même pour l'eau et les sucres, il nous a fallu établir une table donnant les corrections à effectuer sur la densité pour la ramener à 15° pour des teneurs en sucre allant de celles des moûts naturels à celles de moûts concentrés.

Pour établir cette table, nous avons mesuré les densités à l'aide du pycnomètre à 5 températures différentes comprises entre 6°5 et 50° pour des moûts de 6 concentrations différentes, c'est-à-dire depuis l'eau pure jusqu'à un moût titrant 44° Baumé et se solidifiant presque de suite après sa préparation.

Les concentrations en sucres des moûts que nous avons utilisés ont été les suivantes :

0,0	g/Kg.
130,6	g/Kg.
317,1	g/Kg.
411,6	g/Kg.
625,6	g/Kg.
740,0	g/Kg.

Les mesures ont été faites aux températures de 6°5, 18°, 23°, 30°, 40° et 50°.

Nous avons d'abord construit les courbes de variations de la densité en fonction de la température pour chacun des moûts, sur papier millimétré en adoptant une grande échelle pour avoir un pointé très précis. Nous avons ensuite établi les courbes de la correction à faire subir à la densité à t° pour la ramener à 15° en portant en abscisse la densité et en ordonnée la correction. Nous avons ainsi construit 10 courbes pour des températures comprises entre 0 et 50° par écart de 5° (à 15°, il n'est évidemment pas nécessaire de construire cette courbe).

Nous avons alors utilisé ces graphiques, tracés à grande échelle et avec précision, pour établir le tableau des termes correctifs qui donne la correction à effectuer sur la troisième décimale de la

densité mesurée à t^0 pour la ramener à 15^0 . Nous avons précisé cette correction pour toutes les densités comprises entre 1,000 et 1,500 de 0,020 en 0,020.

D'après le tableau, on voit qu'il était bien indispensable d'établir ces tableaux de corrections, puisque celles-ci varient beaucoup avec la densité. Ce tableau est placé à la fin de l'ouvrage pour plus de commodité (Tableau II).



CHAPITRE II

RELATION ENTRE L'INDICE DE RÉFRACTION ET LA TENEUR EN SUCRES

Plus rapide encore que la mesure de la densité est la mesure de l'indice de réfraction. Les appareils dont nous disposons actuellement pour cette mesure sont simples, d'un emploi commode, et donnent des résultats précis puisqu'ils donnent facilement la quatrième décimale. Un des plus employés est le réfractomètre de ABBE basé sur la réfraction totale, qui a l'avantage de n'utiliser qu'une quantité infime de liquide et de ne faire traverser à la lumière qu'une lame mince du liquide étudié si bien que l'on peut mesurer l'indice de milieux troubles ou colorés. Ces appareils sont depuis longtemps utilisés en sucrerie concurremment avec le densimètre et le polarimètre pour la détermination de la richesse des solutions sucrées.

Travaux antérieurs. — Il y a déjà quelques années que les œnologues utilisent un petit réfractomètre de poche pour la détermination de la richesse en sucre des moûts naturels. Cet appareil, fabriqué par ZEISS, est gradué non pas en indices de réfraction mais en grammes de saccharose pour 100 grammes de solution. Son emploi a été l'objet d'un certain nombre de publications intéressantes dans notre région. En 1937 M. BOUFFARD ⁽¹⁾ a vérifié l'exactitude des données de cet appareil et il a montré qu'on peut l'employer pour la détermination de la richesse saccharine des moûts à la condition de tenir compte de la densité et de l'action des matières extractives sur l'indice de réfraction. La formule de cet auteur est la suivante :

$$p' = 10 rD - 20 \quad [12]$$

dans laquelle :

p' est la dose de sucres en grammes par litre,

(1) BOUFFARD. — *Progrès agricole et viticole*, 1937, 107, p. 426.

la lecture de l'appareil c'est-à-dire l'indice exprimé en grammes de saccharose pour 100 grammes,
 D la densité.

Toutefois, l'emploi de cette formule nécessite la connaissance de la densité, ce qui est une complication — ou même une impossibilité si on n'a que quelques gouttes de jus à sa disposition ⁽¹⁾.

Cette formule a donné d'excellents résultats à son auteur pour les moûts naturels, mais Mlle LAMAZOU-BETBEDER ⁽²⁾ estime qu'elle donne des résultats s'éloignant un peu de la réalité pour des moûts riches ou pauvres.

Ce dernier auteur a en effet publié en 1939 un travail de contrôle de cet appareil dans lequel elle a montré que l'on peut par son emploi connaître à plus ou moins 4 grammes près par litre la teneur d'un moût en sucre. Pour calculer cette richesse saccharine du jus de raisin en grammes par litre à partir de l'indication du réfractomètre de ZEISS, qui est exprimée en grammes de saccharose pour 100 grammes, Mlle LAMAZOU-BETBEDER utilise un graphique qu'elle a expérimentalement établi à partir de ses mesures qui englobent 155 moûts naturels de richesses sucrées très variables allant de 130 à 300. Ce graphique appelle pourtant certaine remarque, car théoriquement la courbe représentant les variations de la teneur des moûts en grammes par litre en fonction du titre pondéral ne saurait être une droite. En effet, le titre t d'une solution exprimée en grammes pour 100 grammes de solution n'est pas relié par une relation linéaire à la richesse p exprimée en grammes par litre.

Si D est la densité de la solution, nous pouvons écrire que

$$p = 10 t D.$$

Comme D varie dans le même sens que t , p n'est pas proportionnel à t . Par exemple, dans le cas des solutions de sucre nous avons remarqué déjà que :

$$p = 2.667 (D - 1)$$

d'où
$$D = \frac{p + 2.667}{2.667}$$

⁽¹⁾ Par exemple lorsqu'on étudie la teneur en sucre des diverses parties du grain de raisin ou d'une grappe. Cf. BRANAS, *Rev. de Vitic.*, 1937, 87, p. 207.

⁽²⁾ Mlle LAMAZOU-BETBEDER. — *Annales de Technologie agricole*, 1939, p. 25-32.

Portons cette valeur de D dans la première relation :

$$p = 10 t \frac{p + 2.667}{2.667}$$
$$p = \frac{2.667 t}{266,7 - t} \quad [13]$$

ce qui montre que la courbe dont p et t sont les coordonnées est un arc d'hyperbole et non une droite. Ce n'est que parce que Mlle LAMAZOU-BETBEDER a examiné une portion relativement restreinte de cette courbe qu'elle a pu la confondre avec une droite étant donné la précision relative de son tracé au milieu des 155 points représentant ses mesures.

Ces réserves faites, nous avons établi par l'examen du graphique de cet auteur, que l'équation de sa droite représentative était

$$p' = 11,3 r - 35,5 \quad [14]$$

r est l'indice de réfraction exprimé en grammes de saccharose pour 100 grammes.

Cette relation diffère très sensiblement de celle proposée par M. BOUFFARD, à laquelle pourtant on ne peut pas faire le reproche de principe que nous venons de faire à celle de Mlle LAMAZOU-BETBEDER.

Dans l'une ou l'autre de ces relations, l'indice est exprimé comme dans le réfractomètre de ZEISS en grammes de saccharose pour 100 grammes.

Il serait plus intéressant de connaître la relation qui relie la teneur des moûts en grammes par litre à l'indice de réfraction, car ainsi on pourrait utiliser n'importe quel réfractomètre pour ces mesures et non pas seulement un appareil spécial.

Cas des solutions aqueuses de saccharose. — Nous allons commencer par étudier le problème pour le cas des solutions aqueuses de saccharose pure, problème plus simple que celui des concentrés de moûts et qui, une fois résolu, nous permettra, en utilisant au moins à titre d'essai la formule de BOUFFARD ou de Mlle LAMAZOU-BETBEDER, d'établir la relation cherchée.

La valeur des indices de réfraction des solutions aqueuses de sucre de canne a été mesurée par quelques auteurs et la table que nous trouvons dans le *Mémento du chimiste* ⁽¹⁾ nous a paru pouvoir être

⁽¹⁾ BOLL et BAUD. — *Mémento du chimiste*, I, 1942, p. 444. Dunod, Paris.

utilisée avec avantage pour cette discussion. Il se trouve en effet que le réfractomètre de ABBE fabriqué par ZEISS, avec thermostat avec lequel nous avons fait toutes nos mesures grâce à l'obligeance du Syndicat des concentrateurs qui a bien voulu nous le prêter, comporte des graduations l'une en indice, l'autre en saccharose pour 100 grammes. Nous avons observé une parfaite concordance entre cette double graduation et le tableau du *Mémento du chimiste*.

Si nous construisons la courbe des variations de l'indice de réfraction en fonction de la teneur en sucre par litre, nous sommes frappés par l'aspect rectiligne de la courbe représentative. Si cette courbe est bien une droite, son équation sera de la forme

$$p = a (n - 1.333) \quad [15]$$

où a est une constante numérique.

Nous avons donc calculé le rapport $a = \frac{p}{n - 1.333}$ pour les solutions de saccharose de différents titres. Nous avons observé que ce rapport égal à 7.200 pour une solution à 2 grammes % est égal à 7.070 pour une solution à 16 grammes %, valeur qu'il conserve sensiblement jusqu'au titre de 60 % (avec quelques variations irrégulières) ; mais au delà de ce titre, le rapport tend à augmenter progressivement pour atteindre 7.240 pour les solutions à 85 %, concentration maxima indiquée par la table. Donc en toute rigueur on ne peut pas dire que l'indice de réfraction varie linéairement avec la teneur en sucre, mais l'erreur qu'on fera en adoptant l'équation linéaire ci-dessous en prenant $a = 7.125$ (valeur moyenne), reste très faible et inférieure à 3 grammes par litre pour des solutions sucrées de titre inférieur à 72 % c'est-à-dire contenant moins de 1.000 grammes de saccharose par litre. Nous pouvons donc écrire :

$$p = 7.125 (n - 1.333) \quad [16]$$

Cas des moûts de raisins. — Nous sommes en mesure de transformer les relations de BOUFFARD et de LAMAZOU-BETBEDER en relations entre p' et n .

$$1^{\circ} \text{ Relation Bouffard : } p' = 10 rD - 20 \quad [12]$$

$10 rD$ n'est autre que p pour la saccharose. Nous passerons aux moûts en retranchant 20 grammes de p (relation [16])

$$\begin{aligned} p' &= 7.125 (n - 1.333) - 20 \\ \text{ou } p' &= 7.125 (n - 1.3358) \end{aligned} \quad [17]$$

2° *Graphique Lamazou-Betbeder.* — Il convient de calculer tout d'abord la relation qui relie l'indice en centièmes r à l'indice n dans le cas du saccharose pur.

Pour cela, calculons d'abord la relation qui, pour les solutions de saccharose, relie n et D :

$$7.125 (n - 1,333) = 2.587 (D - 1) \quad (1)$$

d'où
$$D = \frac{7.125}{2.587} (n - 1,333) + 1$$

or
$$D = 2,75 n - 2,67$$

$$p = 10 r D = 7.125 (n - 1,333)$$

$$r = \frac{712,5 (n - 1,333)}{2,75 n - 2,67}$$

Portons cette valeur dans l'équation [14] de Mlle LAMAZOU-BETBEDER $p' = 11,3 r - 35,5$. Nous obtenons :

$$p' = 8.070 \frac{(n - 1,333)}{2,75 n - 2,67} - 35,5. \quad [18]$$

Telle est, d'après le graphique de Mlle LAMAZOU-BETBEDER, la relation qui relie p' et n .

Cette relation est trop compliquée pour être pratiquement utilisable. D'autre part, ces relations ont été établies seulement en portant sur des moûts naturels dont la teneur en sucre varie au plus du simple au double (150 à 300). Nous ne pouvons en aucune façon extrapoler sans vérification ou contrôle de la précision.

Etablissement d'une relation expérimentale entre p' et n . — Aussi avons-nous mesuré très attentivement l'indice de réfraction à la fois des moûts naturels et des moûts concentrés à divers taux, en même temps que nous dosions les sucres chimiquement et que nous déterminions la densité ainsi qu'un grand nombre de caractères chimiques.

Ces mesures ont été effectuées avec deux réfractomètres de ABBE fabriqués par ZEISS. Ces indices sont mesurées pour la raie D du sodium et rapportées à l'air. Les résultats ont été ramenés à 20° de température.

(1) Nous avons pris 2.587 pour le coefficient numérique, car avec Mlle LAMAZOU-BETBEDER nous ne considérons que les jus sucrés à moins de 500 gr./litre.

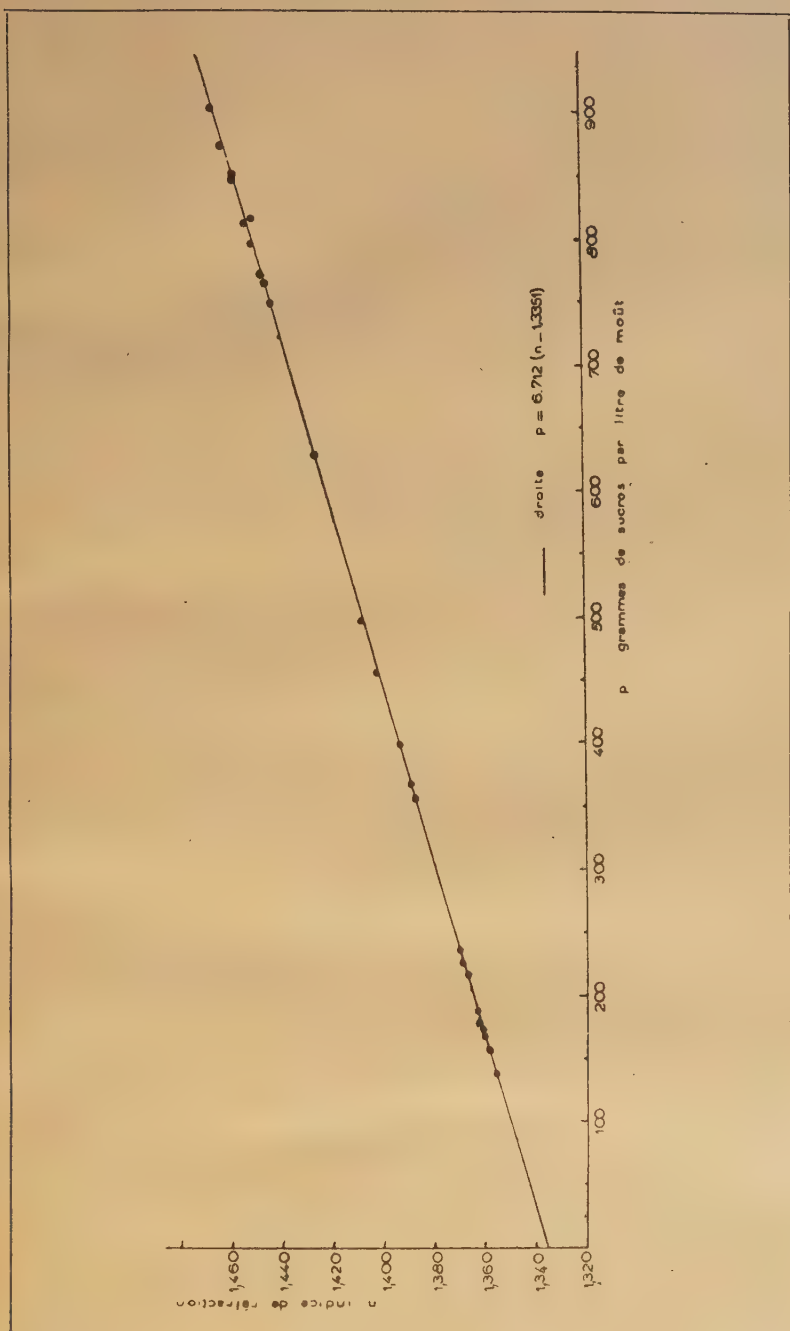
TABLEAU DES RÉSULTATS

Indice à 20°	Densité à 15°	Sucres chimiques		Sucres calculés par [19]	
		g/kg	= g/litre	g/kg	g/litre
1.3559	1.0606	130.6	138.5	131.6	139.6
1.3584	1.0703	145.9	156.2	146.1	156.4
1.3599	1.0746	157.1	168.7	154.9	166.5
1.3612	1.0745	160.3	172.2	163.0	175.2
1.3617	1.0770	164.3	177.0	165.7	178.5
1.3632	1.0820	173.5	187.5	174.2	188.6
1.3670	1.0889	198.8	216.5	196.6	214.1
1.3688	1.0964	205.2	225.5	206.4	226.2
1.3698	1.1016	213.0	234.6	211.4	232.9
1.3878	1.1505	307.9	354.3	307.4	353.7
1.3894	1.1571	317.0	366.8	314.9	364.5
1.3948	1.1681	339.0	396.0	343.0	400.7
1.4036	1.1922	382.1	455.5	385.6	459.8
1.4103	1.2078	411.0	496.4	417.8	504.7
1.4282	1.2561	501.0	629.3	497.6	624.9
1.4471	1.3128	568.9	746.8	572.6	751.7
1.4481	1.3095	582.0	762.1	579.2	758.5
1.4514	1.3181	584.6	770.5	592.9	780.6
1.4531	1.3236	618.0	818.0	598.4	792.0
1.4543	1.3304	598.5	796.0	601.4	800.0
1.4570	1.3377	610.0	816.0	611.6	818.2
1.4610	1.3470	625.6	842.7	627.4	845.0
1.4613	1.3465	629.0	846.9	629.1	847.1
1.4638	1.3534	647.0	875.6	638.3	863.8
1.4679	1.3760	658.0	905.4	647.8	891.4
1.4940	1.4379	738.0	1061.2	741.7	1066.5

Nous avons inscrit le résultat de ces mesures sur un graphique. On peut être frappé de ce que les points représentant l'indice en fonction du titre en grammes par litre se placent sur une ligne droite. L'équation de cette droite peut facilement être établie en partant de deux déterminations très différentes par la teneur en sucre, l'une par rapport à du moût naturel, l'autre par rapport à du moût concentré. Nous obtenons :

$$p' = 6,712 (n - 1,3351) \quad [19]$$

Cette relation a quelque analogie avec celle de M. BOUFFARD [17]. Toutefois, les coefficients numériques sont assez différents. La relation de BOUFFARD, de même que la relation déduite du graphique de Mlle LAMAZOU-BETBEDER qui ont été établies pour des moûts



naturels de faibles richesses sucrées, ne peuvent pas s'étendre aux moûts concentrés sans donner des résultats assez éloignés de la réalité.

Notre relation empirique donne des résultats se rapprochant de la réalité autant qu'il est pratiquement possible. Il nous est dès lors possible d'établir le tableau de correspondance entre l'indice de réfraction et la teneur en sucre. Ce tableau a été inséré à la fin du présent travail pour être plus facile à retrouver (Tableau I).

On trouvera à la fin de cet ouvrage (table V) un tableau donnant les teneurs en sucres des moûts de raisin d'après les indications du petit réfractomètre ZEISS gradué en grammes de saccharose par 100 grammes de solution. Ces teneurs ont été calculées en utilisant la formule de BOUFFARD, celle de Mlle LAMAZOU-BETBEDER ou notre tableau I et la table de correspondance entre les teneurs en saccharose et l'indice insérée au *Mémento du Chimiste* (*loc. cit.*).

On peut remarquer une assez grande différence entre nos deux devanciers. Nos résultats s'insèrent entre les leurs ; pour les moûts de teneurs moyennes, ils sont proches de ceux de Mlle LAMAZOU-BETBEDER.

Discussion de la formule [19]. — Il est intéressant de rapprocher la formule [19] de celle que nous avons établie, partiellement du moins, par le raisonnement et que nous avons vérifiée sur une large base expérimentale. L'expression que nous avons trouvée était :

$$p = 2.450 (D - 1) - 14 \quad [11]$$

Nous l'avions établie en admettant que les matières extractives non sucrées s'élevaient à 15,3 grammes + 9 % de matières sucrées.

Pour pouvoir faire un calcul analogue dans le cas des indices, il était indispensable de connaître d'abord l'indice de réfraction des mélanges levulose + glucose en solution à diverses concentrations. Nous avons observé, en étudiant une solution de sucre interverti, que p grammes de ce sucre pour 1000, ont la même influence sur l'indice de réfraction que p grammes de saccharose pour 1000, si bien que la formule établie pour le saccharose s'applique sensiblement à la solution de sucre interverti pur :

$$p = 7.125 (n - 1.333) \quad [16]$$

Nous appelons p la quantité globale d'extrait sucre et non sucre donnée par la formule [16] et comme précédemment appelons p' la quantité de matières sucrées qui existent dans un moût. Dans l'hypothèse que nous avons faite plus haut,

$$p' = p - 15.3 - 0.09 p'$$

$$p = 1,09 p' + 15,3$$

Portons cette valeur dans l'expression précédente :

$$1,09 p' + 15,3 = 7,125 (n - 1,333)$$

$$\text{d'où } p' = 6,537 (n - 1,333) - 14$$

$$\text{soit } p' = 6,537 (n - 1,33514) \quad [20]$$

Il y a comme on le voit une appréciable différence entre la formule ainsi calculée et la formule donnée par l'expérience, ce qui nous montre que les matières extractives n'ont pas sur l'indice de réfraction autant d'influence qu'elles avaient sur la densité.

Reprenant le calcul en sens inverse, nous pouvons établir que les matières extractives ont, sur l'indice de réfraction, la même influence qu'un poids de sucre égal à 15,3 grammes augmenté de 6,2 % du poids de sucre.

Nous pouvons en conclure que la mesure de la teneur en sucre d'un moût sera ouverte à moins d'erreurs lorsqu'on s'adresse à la mesure d'indice que lorsqu'on utilise les mesures de densité, puisque ces matières extractives ont une action moindre sur l'indice que sur la densité.

Relation entre la densité et l'indice de réfraction. — Les relations empiriques que nous venons d'établir et dont nous venons de préciser le degré d'exactitude d'ailleurs quelque peu relatif, mais somme toute suffisant dans la pratique, étant vérifiées simultanément, il est intéressant de pouvoir expliciter les relations entre l'indice et la densité dans les moûts concentrés :

$$p' = 2,450 (D - 1) - 14 \quad [11]$$

$$p' = 6,712 (n - 1,3351) \quad [19]$$

d'où nous tirons $n = 0,365018 D + 0,9680$,

soit en ne conservant que trois chiffres significatifs, ce qui est suffisant étant donné la validité des relations utilisées :

$$n = 0,365 D + 0,968 \quad [21]$$

Inversement nous pouvons établir avec la même facilité :

$$D = 2,74 n - 2,652 \quad [22]$$

Ces relations nous ont permis de calculer avec plus de facilité les éléments du tableau I (situé à la fin de l'ouvrage).

Relation entre p' et l'indice exprimé en gr. de saccharose pour 100 gr. — Connaissant ces relations, il nous est maintenant loisible d'établir une relation permettant de transformer en sucres, par litre de moût, concentré ou non, les indications du réfractomètre de ZEISS

lorsque celui-ci est gradué en grammes de saccharose pour 100 grammes. Nous avons vu plus haut que le titre d'une solution de saccharose à p grammes par litre pouvait être calculé par la relation

$$p = 7.125 (n - 1.333) \quad [16]$$

Si nous appelons r le nombre de grammes de saccharose pour 100 gr. et D la densité, nous pouvons écrire :

$$p = 10 r D = 7.125 (n - 1.333) \quad [23]$$

Or, dans le cas des moûts de raisin, le poids de sucres contenu dans un litre est donné par la relation :

$$p' = 6.712 (n - 1.3351)$$

$$\text{ou } p' = 6.712 (n - 1.333) - 14 \quad [19]$$

$$\text{D'autre part : } p' = 2.450 (D - 1) - 14 \quad [11]$$

Donc :

$$2.450 (D - 1) - 14 = 6.712 (n - 1.333) - 14$$

$$D = \frac{6.712}{2.450} (n - 1.333) + 1$$

Portant cette valeur de D dans la relation [23] nous obtenons :

$$\frac{67.120}{2.450} (n - 1.333) r + 10 r = 7.125 (n - 1.333)$$

$$n - 1.333 = \frac{10 r}{7.125 - \frac{6712}{245} r}$$

$$\text{Donc } p' = 6.712 \left[\frac{10 r}{7.125 - \frac{6712}{245} r} \right] - 14$$

$$\text{d'où } p' = \frac{10 r}{1.061 - 0.00408 r} - 14 \quad [24]$$

Telle est la véritable relation qui permet de calculer la teneur d'un mût en sucre en g. par litre, d'après les indications du petit réfractomètre de ZEISS gradué en grammes de sucre pour 100 grammes sans qu'il soit nécessaire de mesurer la densité. Elle diffère beaucoup de celle déduite des travaux de Mlle LAMAZOU-BETBEDER [14] et qui a été établie pour résoudre le même problème.

REMARQUE. — Nous tenons à préciser à nouveau que toutes ces relations mathématiques entre p , n , D , r , sont des relations empiriques, qu'elles ont été choisies comme étant les plus simples possible en même temps que les plus proches de la réalité, qu'il n'est

pas possible d'imaginer qu'elles puissent donner des résultats d'une précision comparable à celles des dosages chimiques de sucre étant donné d'une part qu'en toute rigueur elles sont théoriquement fausses puisqu'elles négligent en partie l'effet de la contraction et que d'autre part il y a d'un côté à l'autre des variations dans la qualité et la quantité des matières extractives. Cette dernière cause d'erreur *inévitabile* justifie d'ailleurs l'approximation dont nous nous sommes contenté en ne corrigeant que très imparfaitement l'effet de la contraction.

Influence de la température sur l'indice de réfraction. — Généralement les indices de réfraction sont mesurés à la température de 20°. Nous avons cru bon de nous conformer à cet usage qui a d'ailleurs été rendu officiel en ce qui concerne la mesure de la déviation polarimétrique du vin par les conventions internationales de 1912 et de 1935. Etant donné qu'il est très exceptionnel que cette mesure soit faite réellement à 20°, il est indispensable de pouvoir corriger les mesures faites à une température différente. Or, comme le coefficient de variation de l'indice en fonction de la température n'est pas le même pour l'eau et pour les sucres, il est indispensable d'établir une table donnant les corrections à effectuer sur l'indice pour le ramener à 20° pour les différentes teneurs en sucres des moûts naturels ou plus ou moins concentrés.

Pour établir cette table, nous avons mesuré l'indice à l'aide du réfractomètre de ABBE (fabrication ZEISS) à cinq températures différentes entre 6 et 50° de température, pour des moûts de 6 concentrations différentes allant de l'eau pure à un moût titrant 44° B. qui est un moût très concentré devenant solide en très peu de temps après sa préparation.

Les concentrations en sucre des moûts que nous avons utilisés ont été les suivantes :

	0,0	g. par kg. (eau pure)
	130,6	g. —
	317,1	g. —
	411,6	g. —
	625,6	g. —
	740.	g. —

Les indices ont été mesurés à 6°5 - 18° - 23° - 31° - 40° - 50°. Nous avons alors construit les courbes de variations de l'indice en fonction de la température pour chacun de ces moûts sur un gra-

phique à grande échelle (sur papier millimétré permettant un pointé très précis). Ensuite nous avons établi les courbes de la correction à faire subir à l'indice à t^0 pour le ramener à 20^0 en fonction de l'indice qui était porté en abscisse tandis que la correction était portée en ordonnée. Nous avons ainsi construit dix courbes pour les températures comprises entre 0 et 50^0 par écart de 5 degrés (à 20^0 il n'est évidemment pas nécessaire de construire cette courbe). Nous avons alors utilisé les graphiques établis avec précision et sur une échelle suffisante pour établir le tableau des termes correctifs (Tableau III) qui donne la correction de température dont il faut affecter la troisième décimale de l'indice à t^0 pour ramener la lecture à 20 degrés de température. Nous avons précisé cette correction pour tous les indices compris entre 1,330 et 1,520, allant de 0,010 en 0,010. On peut voir sur ce tableau qu'il était en effet indispensable de l'établir puisque la correction varie beaucoup avec l'indice.

Ce tableau (tableau III) a été placé à la fin de l'ouvrage pour plus de commodité de consultation.

CHAPITRE III

LA COMPOSITION CHIMIQUE DES MOÛTS CONCENTRÉS

Si la composition des jus de raisins naturels a été étudiée assez souvent d'une façon assez complète, nous ne trouvons presque pas d'analyses même simples des moûts concentrés ; la plupart des auteurs qui ont étudié ces liquides se sont contentés de doser les sucres, l'acidité, la densité, l'anhydride sulfureux libre et combiné. Nous avons donc pensé qu'il était d'une réelle importance de préciser la composition de ces produits dont le marché a été assez largement approvisionné sous des formes diverses depuis 1940, de manière à permettre la recherche des fraudes éventuelles et connaître d'une façon plus nette les éléments minéraux et organiques que peuvent apporter à l'organisme ces aliments nouveaux.

Nous avons donc soumis à une analyse relativement complète quelques moûts concentrés fabriqués avec toutes les garanties voulues d'honnêteté dans des conditions qui ont pu nous être précisées.

Commençons par indiquer les méthodes analytiques que nous avons suivies, dont certaines sont extraites d'un travail publié par MM. JAULMES et DELGA sur « les normes des moûts concentrés » ⁽¹⁾ dont d'autres ont été trouvées dans divers ouvrages ⁽²⁾ et que nous avons adoptées pour les besoins de la cause.

(1) JAULMES et DELGA, *Sixième rapport sur les travaux du Bureau central des recherches*. (Annexe III, 1943, p. 147.)

(2) En particulier JAULMES, *Analyse des vins*. (Dubois et Poulain, édit., Montpellier, 1942.) On y trouvera la bibliographie de la plupart de ces méthodes.

SUCRES

En plus des procédés densimétriques et réfractométriques de dosage exposés précédemment, nous avons fait appel pour cette détermination au procédé chimique après avoir pris soin de débarasser la solution de toutes les substances réductrices autres que les sucres, susceptibles de réagir sur la liqueur cupro-alkaline. Pour cela nous avons adopté la méthode de *défécation au ferrocyanure de zinc* très rapide et qui nous a donné des résultats identiques à ceux obtenus avec une défécation plombique. Sur la liqueur déféquée, nous avons dosé les sucres par le procédé de BERTRAND.

Technique. — Dans un ballon jaugé de 500 cm³, on place 5 grammes de concentré, 50 cm³ d'eau environ et 1 à 2 grammes de carbonate de calcium. On agite et laisse en contact pendant une dizaine de minutes en agitant de temps en temps. On ajoute alors 400 cm³ d'eau environ, 5 cm³ d'une solution de ferrocyanure de K à 30 %. On agite, laisse en contact 3 minutes puis ajoute 5 cm³ d'une solution d'acétate de zinc à 15 %. On complète à 500 cm³, agite et on laisse reposer un quart d'heure. On filtre.

Dans un Erlenmeyer de 250 cm³ on place 10 cm³ de filtrat (ce qui correspond à 0,1 g. de concentré), 10 cm³ d'eau distillée, 20 cm³ des liqueurs A et B de Bertrand. On fait bouillir 3 minutes exactement et on filtre sur creuset en verre fritté en s'aidant du vide. On lave à deux reprises le précipité d'oxyde cuivreux avec de l'eau distillée bouillie puis le reprend par 10 à 20 cm³ de liqueur ferrugineuse de Bertrand (C). L'oxyde cuivreux se dissout rapidement. On fait passer la solution sur le filtre pour dissoudre l'oxydure entraîné au moment des lavages. On reçoit la solution dans un Erlenmeyer ainsi que l'eau froide avec laquelle on rince l'Erlenmeyer et le filtre.

On dose le sel ferreux formé dans la liqueur par la solution permanganique titrée exactement à 5 g. de MnO₄K par litre. Chaque cm³ de cette solution correspond à 0,01 g. de Cu. Si n est le nombre de cm³ utilisés, la quantité de cuivre correspondante est 0,01 n g. Il suffit alors de se rapporter aux tables de Bertrand donnant les quantités de sucres réducteurs en fonction des quantités de cuivre pour avoir la quantité de sucre dans la prise d'essai. On retrouve facilement la quantité de sucre par kilogramme de concentré.

Si x est la quantité de sucre donnée par les tables en mg., la quantité de sucre exprimée en grammes par kilogramme est égale à :

$$\frac{x \times 500 \times 1000}{1.000 \times 10 \times 5} = 10 x$$

ALCOOL

Le muté initial renfermant souvent des traces d'alcool (début de fermentation de jus de raisin avant l'addition de l'antiseptique) et de nombreux concentrés subissant avec le temps une légère fermentation, il nous a paru nécessaire de rechercher et de doser l'alcool dans ces derniers.

Comme malgré tout nous ne pouvons avoir affaire qu'à de petites quantités d'alcool, nous avons utilisé une méthode de dosage chimique et notre choix s'est porté sur celle de CORDEBARD.

Elle repose sur l'oxydation de l'alcool par le bichromate de potassium en milieu nitrique. On titre avec une solution d'hyposulfite l'iode libéré de l'iodure de potassium par l'excès de bichromate. L'iode joue le rôle d'indicateur de fin de réaction.

Réactifs. — *a)* Solution nitrochromique. On fait dissoudre 3 g. 379 de bichromate pur et sec dans une quantité suffisante d'acide nitrique officinal exempt de vapeurs nitreuses pour faire un litre. Chaque cm^3 de cette liqueur correspond à 0,7936 mg. d'alcool soit 1 mm^3 .

b) Solution de thiosulfate de sodium à 17 g. 1 par litre de thiosulfate de sodium ($\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2 \cdot 5\text{OH}_2$). Cette solution correspond volume à volume avec la solution de bichromate. On peut aussi la préparer en diluant à 1000, 690 cm^3 de solution N/10. Il faut vérifier la correspondance de ces deux solutions *a* et *b*.

Technique.

a) Extraction de l'alcool. — 20 grammes de moût sont additionnés de 50 cm^3 d'eau et sont distillés. On recueille dans un petit ballon de 100 cm^3 contenant un peu d'eau. On transvase ce distillat dans un nouveau ballon à distiller, on ajoute 6 cm^3 de soude au 1/2 et on distille. On recueille dans un ballon jaugé de 50 cm^3 , on porte au trait de jauge. (On élimine ainsi l'anhydride sulfureux.)

b) Dosage. — Dans un flacon émeri de 200 cm^3 , on place 5 cm^3 de distillat et 20 cm^3 de réactif nitrochromique. On laisse en contact 20 minutes en agitant de temps en temps. On fait un essai-témoin avec 5 cm^3 d'eau et 20 cm^3 de réactif. Après 20 minutes on ajoute 100 cm^3 d'eau dans chaque flacon, 1 g. d'iodure de potassium, et on titre l'iode libéré par l'hyposulfite exactement une minute après.

La fin de la réaction est annoncée par le virage au bleu de la liqueur.

Soient : n cm³ pour l'essai,

n' cm³ pour le témoin.

La quantité d'alcool est exprimée en grammes par kilogramme de concentré :

$$\frac{(n' - n)}{2} \quad 0,7936 \quad \text{ou} \quad \frac{n' - n}{20} \quad \text{en degré d'alcool acquis.}$$

ACIDITÉ TOTALE

Nous avons également dosé l'acidité totale de nos concentrés, ce qui correspond à l'acidité organique libre. Nous avons adopté le procédé à la phénolphthaléine qui nous a semblé le plus exact et beaucoup plus simple dans la pratique que le procédé au tournesol. Auparavant, nous avons pris la précaution de débarrasser le concentré additionné d'eau de l'anhydride sulfureux contenu par concentration au tiers de la solution et retour à son volume primitif.

Technique. — Dans un bécber de 250 cm³ on place 5 grammes de concentré avec 25 cm³ d'eau. On désulfite, on reporte le volume à 30 cm³ et on ajoute 1 cm³ de la solution phénolphthaléine à 1 pour 200 dans l'alcool à 50° neutralisé. On ajoute alors la solution de soude N/10 jusqu'à ce que la teinte du liquide après être passée par le gris ou brun, présente une tonalité rose à peine sensible. On note le volume versé et confirme le virage par quelques gouttes de soude qui font apparaître la coloration rose nette.

Soient n cm³ de soude N/10 nécessaires au virage, l'acidité exprimée en grammes d'acide sulfurique par kilog est donnée par la formule 0,98 n .

ACIDE TARTRIQUE

Le moût concentré laissant déposer peu de temps après la concentration des cristaux de crème de tartre dans les récipients qui le contiennent, nous avons jugé utile de doser cet acide dans les mutés et dans les concentrés obtenus à partir de ceux-ci. De plus, nous ne devons pas oublier que cet acide est l'acide fixe le plus abondant dans les moûts, tout au moins dans ceux d'origine méridionale (FLANZY et Mlle LAMAZOU-BETBEDER) et le plus fortement acide.

Nous avons comparé les diverses méthodes de dosage de cet acide et nous avons adopté finalement le procédé de DUBAQUIÉ, assez rapide et n'exigeant pas de réactifs onéreux.

Technique. — Dans un tube à centrifuger on place 5 grammes de concentré, 5 cm³ d'eau, on ajoute un demi cm³ d'acide acétique, un cm³ d'acétate de potassium à 10 %, 1 gramme de chlorate de potassium finement pulvérisé et 18 cm³ d'alcool à 95°. On agite longuement en s'aidant de billes de verre et on laisse reposer 48 heures. On sépare le précipité par centrifugation et lave à plusieurs reprises avec de l'alcool à 50° saturé de chlorate de potassium. Après le dernier lavage on reprend par de l'eau bouillante qui dissout la crème de tartre et titre l'acidité par de la soude N/10 en présence de phénolphthaléine.

Soient n cm³ de soude versés.

La quantité d'acide tartrique exprimée en grammes de tartrate acide de potassium par kilogramme de concentré est : 3,76 n .

ANHYDRIDE SULFUREUX LIBRE

On appelle ainsi celui qui est libre à l'état d'anhydride et d'acide sulfureux et celui qui est combiné aux bases sous forme de sulfites neutres ou acides.

La proportion d'anhydride libre restant finalement sous cette forme « anhydride » est très faible et varie avec le pH. Elle est voisine de 10 % pour un pH = 2,8 et seulement 1 % pour un pH = 3,8 (RIBEREAU-GAYON). Seul cet anhydride sous forme d'anhydride est responsable du goût de soufre.

Dans de nombreux concentrés nous n'en avons pas trouvé et dans les autres cas un très faible taux seulement. Pour son dosage nous avons utilisé la méthode directe (RIPPERT perfectionnée par MARCILLE) dont le principe est l'oxydation de l'anhydride libre par l'iode en solution titrée.

Technique. — 25 cm³ de moût sont additionnés de 23 cm³ d'eau, puis acidulés par 2 cm³ d'acide sulfurique au 1/5 en volume et on ajoute l'iode N/10 de manière à amener le virage de l'empois d'amidon.

Soit n cm³ le volume d'iode employé.

On effectue le même dosage sur un volume identique de solution préalablement désulfitée par ébullition sous reflux pendant 1 heure. Soit n' d'iode versé.

$n - n'$ représente l'iode qui a servi à oxyder l'anhydride libre.

Sachant que 127 g. d'iode oxydent $64/2 = 32$ g. d'anhydride sulfureux,

1 cm³ d'iode N/10 oxyde 3,2 mg. d'anhydride sulfureux.

La teneur en anhydride libre en grammes par kilog de concentré est alors : $0,128 (n - n')$.

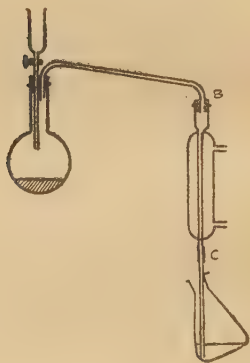
ANHYDRIDE SULFUREUX TOTAL

On appelle ainsi la somme des anhydrides libre et combiné.

Nous venons de voir la définition de l'anhydride libre. *L'anhydride combiné* est celui qui est combiné aux sucres, à l'acétaldéhyde, à la matière colorante, aux tanins, etc..., en donnant des combinaisons presque inactives au point de vue antiseptique.

Notre choix pour le dosage s'est porté sur la méthode de DUBAQUIÉ légèrement modifiée. On distille un volume connu de solution après addition d'un excès d'acide fort pour libérer l'anhydride sulfureux et paralyser la recombinaison. On reçoit le distillat dans une solution alcaline. On dose ensuite par l'iode après être repassé en milieu acide.

L'appareil se compose d'un ballon avec bouchon comportant un entonnoir à robinet et un tube adducteur et un réfrigérant avec un tube de caoutchouc à la sortie.



Technique. — On met dans le ballon 3 cm³ d'acide phosphorique à 45° et 20 cm³ d'eau. On chasse l'air par une vive ébullition. On remplit d'autre part le réfrigérant avec 20 cm³ d'une solution de soude à 4 % après avoir obturé le caoutchouc C. On rince l'entonnoir du réfrigérant B avec un

peu d'eau - on fait arriver la vapeur s'échappant du ballon dans cet entonnoir, quand ce dernier est chaud on bouche B en ouvrant le caoutchouc C.

On introduit alors dans le ballon 20 g. de concentré et l'eau nécessaire pour bien rincer l'entonnoir. On distille jusqu'à faible résidu en diminuant le chauffage en fin d'opération en raison de la mousse formée.

Le distillat est alors acidulé par 10 cm³ d'acide sulfurique au tiers. On ajoute 1 cm³ d'empois d'amidon et on titre par l'iode N/10 soit n cm³.

Remarque. — Si le concentré étudié a subi un début de fermentation, ce procédé laisse échapper une forte proportion d'anhydride sulfureux combiné aux aldéhydes. Aussi après ce premier dosage, on ajoute un excès de bicarbonate de soude. Pour faire réapparaître la coloration bleue de l'iode, il faut ajouter un nouveau volume de solution N/10 soit n' cm³. Ce chiffre est à ajouter à celui précédemment trouvé soit au total $(n + n')$ cm³.

Sachant que 127 g. d'iode oxydent 32 g. d'anhydride sulfureux, 1 cm³ d'iode N/10 oxyde 3,2 mg. d'anhydride sulfureux.

La teneur en anhydride sulfureux total en gramme par kilogramme de concentré est donnée par la formule :

$$\frac{3,2 \times (n + n') \times 100 \times 1000}{1000 \times 50 \times 50} = 0,128 (n + n')$$

Cette méthode est facile à réaliser bien que délicate dans sa partie finale. En effet, il est nécessaire de pousser la distillation le plus loin possible pour être sûr de distiller tout l'anhydride sulfureux et à ce stade la mousse devient très abondante dans le ballon. La fin de l'opération demande donc à être suivie de très près. Comme l'indique DUBAQUIÉ, il est nécessaire pour cela d'éloigner de plus en plus la source de chauffage.

Les résultats obtenus par cette méthode, comparés à ceux obtenus par la méthode simplifiée et approximative de RIPPert, ont été en général inférieurs. Cela s'explique aisément si l'on se rappelle que dans les conditions où l'on opère l'iode se combine à une partie des tanins, matières colorantes, etc...

Rappelons que pour la méthode de RIPPert de dosage de l'anhydride sulfureux total, nous avons adopté la technique suivante :

20 g. de concentré sont additionnés d'un excès de potasse (25 cm³ de solution normale) à froid. On laisse en contact 15 minutes. On ajoute alors un excès d'acide sulfurique (15 cm³ d'acide au 1/5 du volume) et on titre l'anhydride libéré par l'iode en présence d'empois.

ÉLÉMENTS MINÉRAUX

Les principaux éléments que nous trouvons dans le jus de raisin naturel sont le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium, le fer, l'aluminium, le manganèse, la silice, le cuivre, l'arsenic. Ces éléments sont contenus dans le jus de raisin, d'autres sont quelquefois apportés par les produits avec lesquels on traite la vigne, on les retrouvera dans le moût concentré, en proportion plus élevée du fait de la concentration.

Cette proportion est quelquefois plus faible que ne l'indiquerait le taux de la concentration, s'il y a une précipitation après la fabrication, le potassium précipite toujours en partie sous forme de crème de tartre. Au contraire, certains éléments peuvent devenir très abondants dans certains concentrés, tel que le calcium si l'on a neutralisé les moûts avec de la chaux, tel que le cuivre si l'appareil de concentration est en ce métal et est mal entretenu, tel que le fer si le moût a été conservé dans une cuve en ciment ferrugineux, tel que le sodium si le concentré a été neutralisé avec un sel de sodium.

CENDRES

Avant de doser séparément quelques-uns des éléments minéraux contenus dans le concentré, il est nécessaire d'avoir une idée de leur ensemble en déterminant le poids de cendres pour un kilog de moût concentré.

Technique. — On pèse dans une capsule de porcelaine de 70 mm. de diamètre au minimum, 5 grammes (ou un poids voisin exactement connu), de concentré. On chauffe d'abord modérément pour éviter les projections qui se produiraient avec l'ébullition et éviter aussi une mousse trop abondante. Quand la substance commence à se caraméliser on peut augmenter le chauffage. Lorsque la masse commence à charbonner, c'est-à-dire qu'il n'y a plus de risque de débordement de la capsule, on transfère celle-ci dans un four à moufle jusqu'à calcination totale et obtention des cendres blanches. On pèse la capsule après refroidissement dans un dessiccateur. La différence des tares indique le poids des cendres pour 5 grammes de prise d'essai.

Il suffit donc de multiplier par 200 pour avoir la teneur en cendres par kilo.

Remarque. — Il est préférable de faire cette détermination en double, les deux chiffres obtenus ne devant pas différer de plus de 0,2 %.

SILICE

La silice se trouvant en quantité assez appréciable dans le jus de raisin, nous avons voulu la doser aussi dans le moût concentré. Nous avons mis à profit son insolubilisation par les acides et la déshydratation de la silice obtenue. La même prise d'essai nous servira à doser le manganèse.

Technique. — Les cendres de 5 g. de moût concentré sont reprises par 2 cm³ de CIH au 1/2. On porte au bain de sable. Après évaporation à sec on reprend le résidu par 2 cm³ de CIH au 1/2 et on porte à nouveau au bain de sable. On ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique pur que l'on mélange bien à la masse. La silice est ainsi insolubilisée. On laisse au bain de sable jusqu'à disparition des vapeurs chlorhydriques et dégagement des fumées blanches. On reprend le résidu par de l'eau distillée bouillante et on filtre. La silice insolubilisée reste sur le filtre. On lave à l'eau bouillante et les eaux de lavages sont réunies pour le dosage ultérieur du manganèse. Le filtre encore humide est calciné dans une capsule de platine tarée. On a ainsi le poids de silice brut p .

On traite ce résidu par 2 cm³ d'acide fluohydrique et 1 cm³ d'acide sulfurique. On évapore au bain de sable et calcine à nouveau. La silice est volatilisée. On a un nouveau poids p' .

La teneur en silice pure exprimée en grammes par kilogramme est donnée par la formule :

$$200 (p - p')$$

PHOSPHORE TOTAL

L'acide phosphorique se rencontre normalement dans le jus de raisin sous forme d'ions phosphoriques minéraux surtout, et en quantité moindre sous forme de combinaisons organiques et d'esters phosphoriques.

Nous avons voulu le doser dans le moût concentré et nous avons utilisé pour cela la précipitation du phosphore à l'état de phosphomolybdate d'ammonium terminée par un dosage volumétrique.

Technique. — On attaque au bain-marie, dans une grande capsule, 10 g. de moût concentré par 10 cm³ d'acide azotique. Quand la masse est suffisamment caramélisée et carbonisée, on passe au moufle pour arriver aux cendres blanches.

On reprend ces cendres par 20 cm³ d'eau additionnée de 2 cm³ d'acide azotique. On fait bouillir et transvase dans un bécher en rinçant bien la capsule. On s'arrange pour avoir en tout 50 cm³ de liquide. On ajoute 6 cm³ d'acide azotique et 3 cm³ d'ammoniaque, puis on ajoute goutte à goutte quand la température est aux environs de 70°, 3 cm³ de molybdate d'ammoniaque à 150 g./litre. On agite pendant une minute et laisse reposer 20 minutes. On filtre sur papier. On lave deux fois avec une solution de nitrate d'ammonium (par litre 85 cm³ d'acide azotique + 50 cm³ d'ammoniaque) et 5 fois avec de l'eau distillée. On met alors filtre et précipité dans un excès de soude N/10 (50 cm³ en général), on ajoute 2,5 cm³ de formol neutre à la phtaléine et on titre par ClH N/10.

Sachant que 1 cm³ de soude N/10 correspond à 0,0002732 g. de P₂O₅, la teneur en phosphore total exprimée en grammes de P₂O₅ par kilog est :

$$\frac{n \ 0,0002732 \times 1000}{11} = 0,02732 \ n$$

CHLORURES

L'ion chlore se trouve en petites quantités dans tous les jus de raisin, mais dans les vignobles du bord de mer cette quantité peut augmenter beaucoup.

Nous avons jugé utile de le doser aussi dans le moût concentré et nous avons utilisé pour cela la méthode de CHARPENTIER-VOLHARD après minéralisation du moût par oxydation nitropermanganique.

Technique. — On opère sur 10 grammes de moût que l'on porte à 50 cm³ dans un Erlenmeyer de 500 cm³. On chauffe jusqu'à l'ébullition. Après quelques instants d'ébullition (pendant lesquels l'alcool qui pouvait exister dans le moût a été chassé), on ajoute 10 cm³ de nitrate d'argent N/10, 25 cm³ d'acide nitrique pur et en agitant

continuellement 100 cm³ de solution saturée de permanganate de potasse. On porte à nouveau à l'ébullition que l'on maintient tant que le liquide n'est pas devenu incolore après être passé par le brun et le jaune. Si le liquide tend à rester jaune, on ajoute une nouvelle quantité de permanganate. Quand on a obtenu un liquide incolore, on laisse refroidir. On ajoute 5 cm³ d'alun de fer ammoniacal saturé et on dose par le sulfocyanure d'ammonium N/10 l'excès d'azotate d'argent.

Si n est le nombre de cm³ de sulfocyanure versés, la teneur en chlore du moût exprimée en grammes de chlorure de sodium par kilog est :

$$0,585 (10 - n)$$

SULFATES

L'ion sulfurique existe naturellement en petite quantité dans le jus de raisin, mais cette teneur naturelle est souvent bien augmentée à la suite de divers traitements subis par le moût. Avant d'être concentré en particulier, le moût, pour pouvoir être gardé longtemps en cuve, est additionné d'anhydride sulfureux pour éviter la fermentation. Au contact de l'air une quantité appréciable de cet anhydride s'oxyde et donne de l'acide sulfurique.

Nous avons dosé cet anion suivant la méthode classique de précipitation à l'état de sulfate de Ba.

Technique. — On opère sur 20 grammes de moût que l'on dilue à 100 cm³ dans un bécher de 250 cm³. On passe en milieu chlorhydrique par addition de 2 à 3 cm³ d'acide chlorhydrique et on porte à l'ébullition. On ajoute alors goutte à goutte 2 à 3 cm³ d'une solution de chlorure de baryum à 10 %. On maintient l'ébullition quelques minutes et on laisse reposer. Il faut laisser « mûrir » le précipité pendant 4 heures au moins.

On filtre sur filtre sans cendres, on lave à l'eau bouillante jusqu'à élimination des chlorures, on sèche et pèse.

Sachant que 1 gramme de sulfate de baryum correspond à 0,747 de SO₄ K₂, la teneur en sulfate exprimée en grammes par kilog est :

$$\frac{p \ 0,747 \times 1000}{20} = 37,3 p$$

POTASSIUM

Le potassium étant normalement le constituant métallique le plus abondant du jus de raisin, nous avons procédé à son dosage dans les moûts concentrés.

Nous avons utilisé la méthode de FLEISCHER-DUBAQUIÉ qui repose sur la précipitation du potassium à l'état de tartrate acide de potassium. On entraîne ce dernier par un précipité de tartrate acide d'ammonium. Il n'y a qu'à séparer les deux constituants du précipité mixte des deux tartrates pour déduire la potasse.

Technique. — On place dans un tube à centrifuger de 50 cm³ au minimum, 4 g. de moût concentré que l'on délaie avec un peu d'eau. On ajoute 1 cm³ d'acétate d'ammoniaque officinal et goutte à goutte en agitant 25 cm³ d'une solution d'acide tartrique à 5 % dans l'alcool à 95°. On agite vigoureusement en s'aidant de billes de verre et on laisse reposer 3 heures. On centrifuge et lave le précipité avec 50 cm³ d'alcool à 50° saturé de tartrate acide d'ammonium. On dissout le précipité avec de l'eau bouillante et transvase dans un bécher. On titre l'acidité du dépôt par la soude N/10 en présence de bleu de bromothymol, soit n cm³ versés.

On ajoute un volume de soude égal à n et porte à l'ébullition jusqu'à concentration au 1/2 environ. On titre alors l'excès de soude par de l'acide chlorhydrique N/10, soit n' cm³ versés.

La quantité de potassium exprimée en gramme de tartrate de potassium par kilogramme de concentré est : $4,7 n'$.

SODIUM

Ce métal existe dans le jus de raisin en petite quantité, sa teneur est plus élevée d'ailleurs dans le jus de vignobles situés au bord de la mer. De plus, cette teneur peut devenir très forte dans le cas de neutralisation du moût par la soude ou le carbonate de soude, d'où la recherche facile de cette fraude.

Nous avons précipité le sodium à l'état de sel de Streng selon le procédé de BLANCHETIÈRE modifié par KAHANE.

Technique. — On opère sur des cendres de 5 grammes de moût. On reprend ces cendres par 5 cm³ d'acide chlorhydrique au dixième

en s'aidant au besoin de la chaleur pour tout dissoudre. On neutralise par l'ammoniaque et ajoute une petite quantité de carbonate de magnésie. On mélange et on filtre. Les phosphates sont ainsi éliminés (procédé de FISCHER). Sur le filtrat on précipite le sodium par addition de 70 à 80 cm³ de réactif de KAHANE. La précipitation est à peu près complète après une demi-heure. On laisse déposer pendant 12 heures à l'abri de la lumière. On filtre alors sur creuset de GOOCH ou de SCHOTT taré. On lave par décantation le précipité à deux reprises avec 5 cm³ de réactif et ensuite deux fois avec de l'alcool à 95°. On le fait passer sur le filtre au moyen de l'alcool. On sèche à 100° pendant une heure et pèse.

1 gramme de précipité correspond à 0,015 g. de sodium. Par suite, la teneur en sodium du moût exprimée en grammes par kg. est :

$$\frac{p \ 0,015 \times 1000}{5} = 3 \ p$$

CALCIUM

Le calcium, le plus souvent uni aux acides organiques du moût, nous a paru intéressant à doser.

Nous avons utilisé pour cela la méthode reposant sur la précipitation du calcium à l'état d'oxalate de Ca en milieu oxalique et soit pesée à l'état de OCa, soit, ce qui est préférable, dosage volumétrique par le permanganate.

Technique. — On place, dans un Erlenmeyer de 250 cm³, 10 g. de concentré que l'on porte à 50 cm³. On ajoute un demi-cm³ d'acide chlorhydrique pur. On porte à l'ébullition et on ajoute alors goutte à goutte jusqu'à apparition d'un trouble de l'oxalate d'ammonium en solution saturée. On ajoute alors 20 cm³ de cette solution, reporte 5 minutes à l'ébullition et on laisse déposer pendant 2 à 4 heures. On filtre, lave le précipité avec de l'eau bouillante jusqu'à ce que les eaux de lavage ne décolorent plus le permanganate. On dissout le précipité en ajoutant quelques cm³ d'acide sulfurique au 1/5 chaud, puis une cinquantaine de cm³ d'eau et on porte le filtrat au voisinage de l'ébullition. On titre par le permanganate décimal l'acide oxalique jusqu'à coloration rose. On jette alors le filtrat dans le liquide pour vérifier que tout l'oxalate de calcium a bien été dissous.

1 cm³ de permanganate N/10 correspond à 0,002 de Ca ; la teneur en calcium exprimée en grammes par kilog est donc 0,2 n.

MAGNÉSIUM

Le magnésium existe en quantité notable dans le jus de raisin. D'après certains auteurs (ESPIL-BRÉMOND), il se trouverait en plus forte proportion que le calcium. Pour VENTRE, qui a analysé surtout des jus de la région languedocienne, ce serait l'inverse. Nous avons voulu nous rendre compte des teneurs que l'on pouvait rencontrer dans les moûts concentrés que nous avons étudiés et nous avons dosé cet élément à l'état de pyrophosphate résultant de la calcination du phosphate ammoniaco-magnésien précipité.

Après séparation du calcium, le filtrat additionné des eaux de lavage est concentré à 100 cm³ environ. En présence de phénolphtaléine, on amène le liquide à neutralité par quelques gouttes d'ammoniaque. On ajoute alors 5 cm³ de phosphate de sodium à 10 %. On porte à l'ébullition, puis on ajoute goutte à goutte et en agitant de l'ammoniaque à 10 % jusqu'à nette alcalinité (environ le cinquième du volume de la solution). On obtient ainsi le précipité de phosphate ammoniaco-magnésien, $\text{PO}_4 \text{Mg NH}_4 6\text{OH}_2$. On laisse refroidir et déposer pendant 12 heures. On filtre sur papier filtre sans cendres et lave à l'eau à 2,5 % d'ammoniaque jusqu'à élimination des chlorures. On calcine et pèse le phosphate de magnésium.

1 gramme de pyrophosphate correspond à 0,21839 de magnésium ; la teneur des moûts en magnésium, exprimée en grammes par kg. est :

$$p \ 0,21839 \times 100 = 21,839 \ p.$$

MANGANÈSE

Le manganèse est un des éléments retrouvés dans tous les tissus animaux et végétaux et c'est pourquoi nous avons jugé bon de le doser dans le moût concentré.

Nous l'avons fait sur le filtrat de la silice additionné des eaux de lavage. On transforme le manganèse en permanganate par action du persulfate de Na en présence de nitrate d'argent et on titre le permanganate formé soit par colorimétrie, soit par volumétrie.

Technique. — Le filtrat précédent est concentré à une vingtaine de cm³ environ puis transvasé dans un Erlenmeyer de 100 cm³. On ajoute quelques gouttes de nitrate d'argent N/10. Il peut se former un précipité lors de l'addition de nitrate d'argent. S'il est très faible, on continue l'opération sans s'en soucier. S'il est abondant il est nécessaire de filtrer pour avoir une solution limpide.

On ajoute à cette solution une pincée de persulfate de sodium, on porte à une douce ébullition pendant quelques minutes jusqu'à ce que l'eau oxygénée résultant de la décomposition du persulfate soit détruite. La coloration violette de l'acide permanganique se développe.

1° *Colorimétrie* : Il suffit alors de comparer la teinte obtenue par rapport à une gamme obtenue avec 0,5.1.2.3 cm³ de permanganate N/10 et la quantité d'eau nécessaire pour arriver à un volume égal à celui étudié.

2° *Volumétrie* : On additionne la solution d'acide permanganique rose ou violette suivant la teneur en manganèse, de 5 cm³ d'une solution à 1 % d'eau oxygénée officinale. On a établi auparavant la correspondance de 5 cm³ de cette eau avec une solution N/100 de permanganate, soit N cm³. — On titre l'excès d'eau oxygénée existant dans l'Erlenmeyer, soit n cm³ de permanganate N/100.

La différence ($N - n$) représente la quantité de cm³ de permanganate N/100 correspondant au manganèse existant dans la solution.

Comme 1 cm³ de permanganate N/100 correspond à $\frac{0,110}{1000}$ de Mn, la teneur en Mn exprimée en grammes par kilogram est :

$$\frac{(N - n) \times 0,4 \times 200}{1000} = \frac{(N - n) \times 0,11}{5}$$

Les quantités de manganèse étant presque toujours très faibles, il est nécessaire d'utiliser une burette au 1/100 pour laquelle la précision dans la lecture est de 3/100 de cm³ représentant

$$\frac{1,1 \times 3}{100} = 0,033 \text{ mg.}$$

FER

Normalement, le jus de raisin contient de petites quantités de fer dues à la nature du sol où a poussé la vigne. Dans le cas des moûts concentrés nous trouverons en plus de ce fer normal celui apporté

par les cuves en ciment ferrugineux où a été conservé le muté, et celui apporté par les appareils de concentration, si ceux-ci comportent des pièces de fer.

Nous avons dosé le fer total par colorimétrie à l'état de sulfocyanure ferrique.

Technique. — Les cendres de 5 g. de moût concentré sont reprises par 2 cm³ d'acide chlorhydrique et 10 cm³ d'eau en s'aidant de la chaleur et en râclant légèrement les parois de la capsule pour bien tout dissoudre. On ajoute 2 gouttes de permanganate de potasse à 5 % pour péroxyder le fer et l'on dose le fer soit directement soit après séparation.

1^o *Dosage direct.* — La solution précédente est filtrée dans un tube à essai de 20 × 200. On rince la capsule et filtre avec un peu d'eau que l'on ajoute au premier filtrat. On ajoute 5 cm³ de sulfocyanure de potassium et on complète à 50 cm³ avec de l'eau.

On compare la coloration rouge du sulfocyanure ferrique ainsi obtenue avec celle des éléments d'une gamme préparée de la même façon dans des tubes identiques. 1... 2... 3... 10 cm³ de solution ferrique à 0,1 g. par litre, 1 cm³ d'acide chlorhydrique, 5 cm³ de sulfocyanure et la quantité d'eau nécessaire pour arriver à 50 cm³.

Si x est le nombre de cm³ de solution ferrique contenu dans le tube de la gamme identique au tube étudié, la quantité de fer par kilogramme est en grammes :

$$\frac{0,1 \times x \times 1000}{1000 \times 5} = \frac{a}{50}$$

2^o *Dosages successifs du fer et du cuivre* (sur la même prise d'essai). — La solution est portée à l'ébullition et on y ajoute de l'ammoniaque en excès. On laisse bouillir une minute puis on retire du feu et le précipité d'hydrate ferrique se dépose. On filtre et lave ce dernier à l'eau bouillante à plusieurs reprises en recueillant filtrat et eaux de lavages dans un ballon de 50 cm³. On complète au trait de jauge et sur cette solution on dose le cuivre.

Le précipité d'hydrate ferrique est dissous avec 4 cm³ de ClH dilué au demi. La solution obtenue ainsi que les eaux de lavage du filtre sont reçues dans un tube de 20 × 200 et on dose le fer comme précédemment.

Remarque. — Dans l'un ou l'autre cas, si la quantité de fer est importante, il y a intérêt à amener la solution à un volume connu

et à effectuer le dosage colorimétrique sur une partie aliquote de celle-ci.

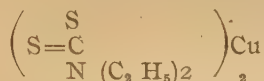
CUIVRE

Comme le fer, le cuivre existe dans la plupart des tissus minéraux et végétaux en très petites quantités. Dans le cas des moûts concentrés, la teneur en ce métal pourra être relativement élevée, le cuivre normal étant augmenté de celui apporté par les bouillies cupriques subsistant sur le raisin au moment des vendanges et de celui provenant des appareils de concentration si ceux-ci sont en cuivre, mais actuellement on donne la préférence à la fonte émaillée principalement quand on concentre sous pression réduite.

Nous avons utilisé deux méthodes pour doser cet élément.

1^o *Dosage colorimétrique.* — On utilise la liqueur mise de côté au cours du dosage du fer. On en prélève 10 cm³ auxquels on ajoute 1 cm³ d'ammoniaque et 0,5 de réactif de DELÉPINE ; on compare la coloration jaune obtenue à celle d'une gamme préparée dans les mêmes conditions, c'est-à-dire renfermant des quantités croissantes de Cu métal (1.2.3.5.10 millièmes de mg.), la quantité d'eau nécessaire pour arriver à 10 cm³ et les mêmes quantités de réactifs.

Il est basé sur la coloration jaune très vive du diéthyl-thio-sulfo-carbamate de cuivre. Ce procédé est très rapide, mais moins précis que le suivant.



2^o *Dosage volumétrique.* — On extrait le cuivre d'une quantité suffisante de moût en l'entraînant suivant la technique de DESBORDES modifiée par GOLSE par un précipité de sulfure de mercure. On facilite l'agglomération du précipité mixte sulfure de cuivre + sulfure de mercure par la chaleur et l'acidification du milieu. Le précipité, lavé à l'eau bouillante, est calciné pour volatiliser le mercure et il reste seulement le cuivre que l'on dose par ferrocyanargentimétrie (DELGA).

Technique. — 50 grammes de moût sont additionnés d'eau en quantité suffisante pour avoir environ 250 cm³ de solution. On ajoute 5 cm³ de ClH pur et 10 cm³ de bichlorure de mercure à 1,3 %.

On porte à l'ébullition et on fait tomber goutte à goutte 5 cm³ de thiosulfate de sodium à 10 % (GOISE). On maintient l'ébullition une vingtaine de minutes pour bien agglomérer le précipité. On filtre sur filtre serré et lave à l'eau distillée bouillante. On sèche et incinère. On reprend le résidu cuivrique par 5 gouttes d'eau régale et évapore au bain-marie. On reprend par 2 gouttes d'acide chlorhydrique, évapore. On verse alors 2 cm³ exactement d'eau distillée et prélève 1,8 cm³ de la solution que l'on verse dans un tube à centrifuger. On ajoute 0,5 de ferrocyanure de potassium à 2 %, 1 cm³ de nitrate de potassium à 5 %, laisse reposer un quart d'heure et centrifuge. On lave deux fois le précipité de ferrocyanure de cuivre avec 3 cm³ de nitrate de potassium.

On traite alors le précipité par 5 cm³ de nitrate d'argent à N/10 ajouté goutte à goutte. On ajoute 2 gouttes d'acide nitrique et 5 gouttes d'alun de fer ammoniacal. On titre l'excès de nitrate d'argent N/10 par une solution N/10 de sulfocyanure de potassium versée au moyen d'une burette graduée au 1/100. L'erreur dans la lecture est au plus de 0,03 cm³, ce qui représente 6/100 de mg.

ARSENIC

L'arsenic, comme les autres éléments que nous venons de doser, existe à l'état normal dans le jus de raisin, mais à doses très faibles, de l'ordre de 1/100 de milligramme par litre (GAUTIER-BERTRAND, JADIN-ASTRUC). Cette quantité d'arsenic peut être bien plus forte quand les vignes ont été traitées trop tardivement aux sels arsenicaux pour la lutte contre les insectes ampélophages en particulier. Il nous a donc paru nécessaire de rechercher cet élément dans des moûts concentrés. Nous avons d'abord minéralisé le moût par le mélange nitrosulfurique et nous avons ensuite dosé l'arsenic par la méthode de CRIBIER.

Technique. — Dans un ballon pyrex de 1000 cm³ on place 10 g. de moût concentré ; on ajoute 7 cm³ d'acide sulfurique pur et 20 cm³ d'acide azotique pur. Après l'addition d'acide azotique il est souvent nécessaire de refroidir pour modérer la destruction. On laisse alors en repos pendant 24 ou 48 heures. Après ce temps de contact, on peut chauffer le ballon posé sur une plaque d'amiante percée d'un trou, doucement d'abord et de plus en plus fort ensuite sans

craindre de voir la réaction s'emballer. Quand le mélange brunit, on ajoute quelques gouttes d'acide nitrique. On continue les additions tant que le liquide ne reste pas incolore, même après un long chauffage provoquant l'émission de vapeurs blanches. On laisse refroidir et chasse les vapeurs nitreuses en ajoutant quelques cm^3 d'eau avec nouveau chauffage jusqu'à vapeurs blanches. On répète deux fois cette opération.

Le liquide de destruction est alors dilué avec 63 cm^3 d'eau et versé dans l'appareil de CRIBIER. On ajoute 8 grammes de zinc activé par x gouttes de chlorure de platine à $1 \text{ } \text{‰}$ et on ferme aussitôt l'appareil avec son bouchon muni d'un tube à dégagement (5 mm. de diamètre). Dans celui-ci on a placé de bas en haut un petit tampon de coton, un morceau de papier à l'acétate de plomb et une languette de papier au bichlorure de mercure. Après 4 à 6 heures de dégagement on plonge le papier au bichlorure dans une solution d'IK à 10 %. On fixe et développe la coloration produite par l'hydrogène arsénié sur le bichlorure de mercure. Après 2 heures on lave et sèche la bande.

Il ne reste plus qu'à comparer la longueur et l'intensité de la tache produite sur le papier à une gamme obtenue de la même façon avec des quantités d'arsenic allant de 1 à 100 millièmes de milligramme.

Remarques. — 1° On active le zinc en le laissant en contact pendant un quart d'heure avec 5 cm^3 d'eau additionnée de x gouttes de chlorure de platine à $1 \text{ } \text{‰}$ ou à défaut avec 10 cm^3 d'eau + 1 goutte de SO_4Cu à 10 %. Ensuite on lave et égoutte.

2° Le papier au bichlorure se prépare en immergeant pendant un quart d'heure dans une solution de bichlorure de mercure à 5 % du papier Canson pour lavis. On essore et fait sécher à l'obscurité.

RÉSULTATS

Les tableaux suivants contiennent les analyses complètes de 10 mouls différents.

TABLEAU IV

Référence	Uv.	136	137	138	139
Origine		Plaine de LUNEL-VIEL (Hérault)			
Cépages	Aramon	Alicante	Alicante	Alicante	Alicante
Année de récolte	1943	1944	1944	1944	1944
Date de concentration ...	Mai 1944	Fév. 1945	Fév. 1945	Fév. 1945	Janv. 1945
Usine	Lunel	Lunel	Lunel	Lunel	Lunel
Procédé de fabrication ...	Concentration sous vide. - Température maxima 45°				
Taux de concentration en volume amené à :	19.8 %	36.9 %	26.7 %	20.6 %	23.1 %
Densité à 15°	1.3470	1.1922	1.2561	1.3236	1.3181
Indice réfraction à 20° ..	1.4606	1.4032	1.4278	1.4527	1.4510
Sucres en g/kg.	625.6	382.1	501.0	618.0	584.6
— g/l. ..	842.7	455.5	629.2	817.9	770.5
Alcool en g/kg.	0.200	0.198	0.295	0.580	0.109
— g/l. ..	0.269	0.236	0.370	0.768	0.144
pH	3,7	3,0	3,0	3,1	3,3
Acidité totale en g/kg.	7.93	7.39	9.7	11.06	10.5
SO ₄ H ₂ g/l. ..	10.68	8.82	12.2	14.6	13.8
Acide tartrique g/kg.	1.74	4.57	4.49	3.97	3.18
en tartrate de K g/l. ..	2.34	5.45	5.65	5.26	4.19
Anhydride sulfureux g/kg.	0.639	0.489	0.527	0.570	0.380
total g/l. ..	0.860	0.584	0.662	0.754	0.501
Anhydride sulfureux g/kg.	0.066	0.032	Néant	Néant	Néant
libre g/l. ..	0.089	0.038	—	—	—
Matières minérales g/kg.	7.9	5.6	7.1	7.9	6.4
— g/l. ..	10.6	6.7	8.9	10.4	8.4
Silice g/kg.	0.188	0.100	0.150	0.180	0.180
— g/l. ..	0.253	0.119	0.188	0.238	0.237
Phosphates en P ₂ O ₅ g/kg.	1.280	0.874	0.935	1.123	1.144
— g/l. ..	1.725	1.042	1.173	1.487	1.510
Chlorures en ClNa g/kg.	0.198	0.117	0.145	0.152	0.152
— g/l. ..	0.266	0.140	0.182	0.201	0.200
Sulfate en SO ₄ K ₂ g/kg.	3.0	1.370	1.490	1.530	1.800
— g/l. ..	4.04	1.635	1.870	2.025	2.370
Potassium en g/kg.	6.21	7.52	8.06	7.05	5.21
bitartrate de K g/l. ..	8.36	8.98	0.12	9.34	6.86
Sodium g/kg.	0.580	0.060	10.196	0.240	0.198
— g/l. ..	0.780	0.072	0.246	0.318	0.261
Calcium g/kg.	0.600	0.460	0.552	0.700	0.615
— g/l. ..	0.807	0.549	0.693	0.927	0.810
Magnésium g/kg.	0.349	0.197	0.260	0.328	0.387
— g/l. ..	0.470	0.235	0.327	0.434	0.510
Manganèse g/kg.	0.012	0.005	0.005	0.008	0.005
— g/l. ..	0.016	0.006	0.006	0.011	0.007
Fer g/kg.	0.170	0.057	0.060	0.144	0.131
— g/l. ..	0.229	0.068	0.075	0.191	0.172
Cuivre g/kg.	0.010	0.005	0.0097	0.008	0.015
— g/l. ..	0.013	0.006	0.009	0.011	0.020
Arsenic g/kg.	0.0003	0.0001	0.0001	0.0002	0.00015
— g/l. ..	0.0004	0.00012	0.00012	0.00027	0.00020

TABLEAU V

Référence	St-Gilles	90	97	209	246
Origine	Coop. Mar- guerite (Gd)	Coop. Montpellier		Neutra- lisé Montner Alicante.	Plaines de Céret (P.-O)
Cépages					
Année de récolte	1943	1944	1944	1942	1943
Date de concentration ...	Mai 1944	Février 1945		Février 1945	
Usine	St-Gilles	Montpellier		Perpignan	Rivesaltes
Procédé de fabrication ...		Concentration sous pression réduite			
Température	80-100°	70-80°	70-80°	76°	76°
Taux de concentration ou volume amené à ...	23 %	20 %	22 %	25 %	23 %
Densité à 15°	1.3128	1.3760	1.3465	1.3534	1.3095
Indice de réfraction à 20°	1.4467	1.4675	1.4609	1.4634	1.4477
Sucres	g/kg. 568.9	658	629	647	582
—	g/l. 746.8	905.4	846.9	875.6	762
Alcool	g/kg. Néant	Néant	Néant	0.476	0.733
—	g/l. —	—	—	0.645	0.960
pH	2.9	4.3	4.2	5.1	3.7
Acidité totale g/kg.	8.53	4.40	7.03	2.00	8.66
SO ₄ H ₂	g/l. 11.20	6.06	9.47	2.70	11.34
Acide tartrique	g/kg. 3.24	1.81	2.63	0.54	2.40
en tartrate de K	g/l. 4.26	2.49	3.54	0.73	3.14
Anhydride sulfureux g/kg.	0.025	0.092	0.058	3.25	0.215
total	g/l. 0.033	0.126	0.078	4.39	0.281
Anhydride sulfureux g/kg.	Néant	Néant	Néant	0.068	Néant
libre	g/l. —	—	—	0.092	—
Matières minérales g/kg.	8.5	11.5	9.9	12.1	8.5
—	g/l. 11.2	15.8	13.3	16.4	11.1
Silice	g/kg. 0.200	0.150	0.210	1.000	0.150
—	g/l. 0.263	0.206	0.283	1.353	0.196
Phosphate en P ₂ O ₅ g/kg.	1.174	1.520	1.393	1.251	1.043
—	g/l. 1.543	2.090	1.875	1.693	1.367
Chlorure en ClNa g/kg.	0.175	0.210	0.269	0.203	0.334
—	g/l. 0.230	0.289	0.362	0.275	0.437
Sulfate en SO ₄ K ₂ g/kg.	2.29	3.32	2.27	3.20	3.12
—	g/l. 3.01	4.57	3.06	4.33	4.08
Potassium en g/kg.	5.81	8.01	7.99	5.39	5.10
bitartrate de K g/l.	7.63	11.02	10.76	7.30	6.68
Sodium	g/kg. 0.906	0.132	0.126	0.440	0.771
—	g/l. 1.191	0.182	0.169	0.596	1.100
Calcium	g/kg. 0.640	1.600	1.200	1.920	0.695
—	g/l. 0.841	2.200	1.615	2.600	0.910
Magnésium	g/kg. 0.262	0.469	0.415	0.295	0.340
—	g/l. 0.344	0.645	0.559	0.399	0.445
Manganèse	g/kg. 0.005	0.011	0.007	0.014	0.010
—	g/l. 0.007	0.015	0.009	0.019	0.013
Fer	g/kg. 0.200	0.200	0.045	0.210	0.160
—	g/l. 0.263	0.275	0.061	0.284	0.210
Cuivre	g/kg. 0.012	0.011	0.008	0.012	0.009
—	g/l. 0.016	0.015	0.011	0.016	0.012
Arsenic	g/kg. Néant	0.0002	0.0001	0.00015	0.0001
—	g/l. —	0.00027	0.00013	0.00020	0.00013

Nous avons effectué le bilan des matières minérales et on peut observer une correspondance satisfaisante entre la somme des éléments minéraux et la teneur globale en cendres.

Notons que la teneur en CO_2 indiquée est en réalité déduite de l'alcalinité des cendres mesurée par le procédé indiqué par M. JAULMES dans son *Analyse des Vins* (p. 68) : dosage en retour avec l'hélianthine comme indicateur. Dans ce procédé les phosphates n'apportent aucune perturbation, car ils sont au moment du virage de l'indicateur, dans le même état que dans le moût, de sorte que l'alcalinité des cendres est alors due uniquement à la teneur en carbonates de ces cendres.

La balance acides-bases de ces cendres est également satisfaisante, montrant que l'on connaît sensiblement tous les éléments minéraux des moûts. La silice n'a pas à être comptée dans cette balance, car on peut penser qu'elle existe libre dans les moûts comme au moment de la mesure de l'alcalinité des cendres.

Le concentré Uv. a été également étudié au point de vue de sa teneur en plomb. Le dosage a été effectué par la méthode à la dithizone par Mlle ACHARD, au travail encore inédit de laquelle nous renvoyons le lecteur pour les détails de technique, quantité trouvée 1 mg. 25 par litre.

Les moûts 136, 137, 138, sont issus du même produit au cours de sa concentration.

COMPOSITION DES CENDRES

Résultats exprimés en grammes par kilogramme de moûts.

Références	Uv.	136	137	138	139
Cendres	7.9	5.6	7.1	7.9	6.4
CaO	0.840	0.644	0.770	0.980	0.840
MgO	0.546	0.325	0.430	0.548	0.560
Fe_2O_3	0.243	0.081	0.085	0.205	0.185
CuO	0.014	0.006	0.010	0.010	0.017
Mn_3O_4	0.017	0.007	0.007	0.011	0.007
Na_2O	0.782	0.081	0.242	0.323	0.266
K_2O	1.450	1.790	1.950	1.750	1.221
SO_3	1.130	0.629	0.685	0.704	0.827
Cl	0.118	0.071	0.087	0.092	0.092
P_2O_5	1.280	0.874	0.935	1.123	1.144
SiO_2	0.188	0.100	0.100	0.210	0.180
CO_2	1.270	0.990	1.370	1.605	1.120
=====	=====	=====	=====	=====	=====
TOTAL	7.878	5.598	6.671	7.561	6.459

BALANCE ACIDES-BASES DES CENDRES CI-DESSUS.

Résultats exprimés en milliéquivalents par kg. de moûts.

CO ₃	57.7	45.	62.	73.	51.
Cl	3.3	2.	2.5	2.6	2.6
SO ₄	24.	15.7	17.1	17.6	20.7
PO ₄	27.2	18.6	19.9	23.8	24.3
=====	=====	=====	=====	=====	=====
TOTAL,	112.2	81.3	101.5	117.0	98.6
Ca	30.	23.	27.5	35.	30.
Mg	27.1	16.2	21.5	27.4	28.
K	30.9	38.1	41.3	37.2	25.9
Na	25.2	2.6	7.8	10.4	8.7
Fe	4.6	1.5	1.6	4.	3.5
=====	=====	=====	=====	=====	=====
TOTAL,	117.8	81.4	99.7	114.0	96.1

COMPOSITION DES CENDRES

g. par kg. de moûts.

Référence ...	St-Gilles	90	97	209	240
Cendres	8.5	11.5	9.9	12.1	8.5
=====	=====	=====	=====	=====	=====
CaO	0.896	2.240	1.680	2.550	0.970
MgO	0.433	0.783	0.692	0.492	0.560
Fe ₂ O ₃	0.285	0.285	0.064	0.300	0.230
CuO	0.015	0.014	0.010	0.015	0.011
Mn ₃ O ₂	0.007	0.015	0.010	0.019	0.014
Na ₂ O	1.221	0.178	0.170	0.593	1.037
K ₂ O	1.335	2.000	1.975	1.350	1.275
SO ₃	0.988	1.526	1.043	1.471	1.134
Cl	0.106	0.127	0.163	0.123	0.203
P ₂ O ₅	1.174	1.565	1.393	1.134	1.030
SiO ₂	0.200	0.200	0.210	1.000	0.150
CO ₂	1.550	2.200	1.892	2.440	1.518
=====	=====	=====	=====	=====	=====
TOTAL,	8.210	11.133	9.302	11.487	8.132

BALANCE ACIDES-BASES DES CENDRES CI-DESSUS.

Milliéquivalents par kg. de moûts.

CO ₂	70.7	100	86.	111.	69.
Cl	2.9	3.5	4.6	3.5	5.7
SO ₄	24.7	38.	26.	36.7	28.3
PO ₄	24.9	32.	29.6	24.2	24.0
=====	=====	=====	=====	=====	=====
TOTAL,	123.2	173.5	146.2	195.4	127.0
=====	=====	=====	=====	=====	=====
Ca	32.	80.	60.	91.1	31.1
Mg	21.8	39.1	34.6	24.6	28.
K	28.4	42.5	42.5	28.7	27.6
Na	39.3	5.8	5.5	19.1	33.4
Fe	5.4	5.4	1.6	5.6	4.5
=====	=====	=====	=====	=====	=====
TOTAL,	126.9	172.8	144.2	169.1	124.6

A ces résultats nous joignons le tableau suivant permettant de suivre l'évolution du concentré pendant sa préparation.

L'appareil est un appareil Navarre en fonte émaillée, de 200 l. de capacité utile, chauffé à la vapeur. Cet appareil travaille sous pression très réduite, puisque la température du concentré se maintient entre 43 et 45°, la vapeur produite étant condensée dans un injecteur à eau froide qui a produit et maintient le vide. L'appareil, garni de 250 l. de muté dont la composition est donnée en premier lieu, est constamment alimenté en muté durant l'opération, de manière à maintenir constant le volume intérieur. En une heure 50 minutes l'opération est terminée et le concentré est alors recueilli après avoir arrêté le chauffage et rétabli la pression atmosphérique.

Pendant le cours de cette opération, des échantillons ont été prélevés durant toutes les 20 minutes.

VARIATION DE LA COMPOSITION D'UN MOUT AU COURS DE SA CONCENTRATION.

LUNEL — Prélèvement du 16 février 1945.

Prélèvement	Muté initial	Après 30 m.	Après 50 m.	Apr. 1 h. 10	Apr. 1 h. 30	Apr. 1 h. 50
Référence	133	134	135	136	137	138
Densité à 15°	1,0746	1,1016	1,1505	1,1922	1,2561,	1,3236
Indice de réfraction à 20°	1,3595	1,3694	1,3874	1,4032	1,4278	1,4527
Taux de concentration en volume ..		71,8 %	47,5 %	36,9 %	26,7 %	20,6 %
Sucres	157,1	213,0	307,9	382,1	501,1	618,0
— en g/k. ..	169,2	234,6	354,3	455,5	629,2	817,9
Alcool	1,86	0,41	0,24	0,20	0,29	0,58
— en g/l. ..	2,00	0,45	0,28	0,24	0,37	0,77
Acidité totale	4,00	4,89	6,08	7,39	9,47	11,1
— en g/l. ..	4,30	5,39	7,00	8,82	11,9	14,6
Acide tartrique	5,30	5,31	5,00	4,58	4,49	3,97
— en g/l. ..	5,69	5,85	5,74	5,45	5,65	5,15
Anhydride sulfureux total ..	1,298	0,668	0,450	0,489	0,527	0,570
— en g/k. ..	1,395	0,736	0,518	0,512	0,662	0,754
Anhydride sulfureux libre ..	0,462	0,145	0,042	0,027	néant	traces
— en g/l. ..	0,496	0,160	0,048	0,032		
Rapport SO ₂ total	0,73	0,31	0,15	0,13	0,10	0,09
sucres						
Rapport SO ₂ combiné en %	64.	78.	90.	92.	100.	100.
SO ₂ total						

A ce tableau nous joignons le tableau suivant que nous avons établi un an auparavant et qui est moins complet, car nous n'avons pas fait de prélèvement au cours de la concentration.

A cette époque le fabricant préparait sur notre conseil son produit en deux temps pour mieux chasser l'anhydride sulfureux ; le produit concentré modérément (concentré primaire), était laissé en cuve pendant 5 à 6 jours puis dilué légèrement (50 hl. portés à 70 hl.), laissés 24 heures au repos et concentré définitivement (concentré secondaire). Par ce moyen l'anhydride sulfureux combiné, si difficile à chasser, était partiellement libéré pendant le repos et cette partie était éliminée au moment de la dernière concentration.

TABLÉAU VII

Provenance	Lunel : Prélèvement du 11 mai 1944.		
Référence	Mûté	Concentré primaire	Concentré secondaire
Densité à 15°	1,0772	1,330	1,338
Indice de réfraction à 20°	1,3615	1,4543	1,4570
Taux de concentration en volume		24 %	23,4 %
Sucres en g/kg.	177	598,6	610
— en g/l.	191	796	816
Alcool en g/kg.	6,40	0,66	0,26
— en g/l.	6,90	0,88	0,35
Acidité totale en g/kg.	2,94	6,81	7,61
— en g/l.	3,17	9,05	10,2
SO ₂ total ... en g/kg. ...	1,770	1,240	0,545
— en g/l.	1,91	1,65	0,73
SO ₂ libre '... en g/kg.	0,464	0,093	0,000
— en g/l.	0,500	0,124	0,000

DISCUSSION DE CES RÉSULTATS

Les divers tableaux amènent quelques remarques intéressantes, et il est utile de comparer le résultat au projet de normes proposé par MM. JAULMES et DELGA. Ces auteurs avaient distingué deux sortes de produits : le *jus de raisin concentré*, produit aussi pur que possible destiné aux cures uvales, et le *sirop de raisin*, produit moins soigné, destiné à servir de succédané du saccharose, comme produit sucrant utilisé en confiterie, en vermoutherie et en œnologie pour sucrer les vendanges.

Dans la suite de cet exposé nous donnerons à ces deux termes la définition que ces auteurs leur ont donnée, et nous appellerons « *mûts concentrés* » les produits *en général*, sans faire aucune distinction particulière.

Voici les teneurs limites proposées par ces auteurs pour un kilogramme de mût de densité 1,340 = 36° B.

	Jus de raisin	Sirop de raisin	
		non désacidifié	désacidifié
Sucres totaux ..	+ de 600 g.	+ de 600 g.	+ de 600 g.
Acidité totale en SO_4H_2	— de 18 g.	pas de limite	— de 5 g.
pH	+ de 2,8.	<i>Idem.</i>	+ de 5 g.
SO_2 total	— de 350 mg.	— de 750 mg.	— de 750 mg.
Cu	— de 20 mg.	— de 40 mg.	— de 40 mg.
As	— de 1 mg.	— de 1 mg.	— de 1 mg.
Fe	— de 100 mg.	— de 100 mg.	— de 100 mg.
Na	— de 1 g.	— de 1 g.	— de 1 g.
Ca	— de 1 g. 5	— de 1 g. 5	— de 6 g.

1° *L'acidité totale* du concentré est beaucoup plus faible que ne le ferait prévoir le taux de concentration ; cela est dû à la précipitation abondante de crème de tartre, comme on l'observe d'une façon constante. Cette précipitation commence immédiatement après la concentration et elle se poursuit ensuite de plus en plus lentement pendant une longue période de plusieurs mois, si bien que la composition du concentré évolue progressivement. Il est facile de se rendre compte de ce phénomène en observant le fond des bouteilles de concentré, mis en bouteilles pourtant après plusieurs semaines de décantation : on y trouve toujours un dépôt de crème de tartre.

Les limites maxima fixées pour les jus de raisin par MM. JAULMES et DELGA sont suffisamment larges ; elles pourraient même être ramenées à 15 grammes par kilogramme.

2° Les teneurs en acide tartrique et en potassium sont également — et pour la même raison — beaucoup plus faibles que ce à quoi on pourrait s'attendre d'après le taux de la concentration. La teneur en acide tartrique devient presque nulle dans les moûts neutralisés.

3° Dans les concentrés préparés à faible température on retrouve toujours une petite quantité d'alcool, d'ailleurs inférieure au dixième de degré d'alcool. Au contraire, dans les concentrés préparés au-dessus de 70° on ne retrouve pas d'alcool parce que les ferments ont été tués, tandis qu'ils subsistent dans les concentrés préparés à basse température.

4° Le taux de *matières minérales* est vraiment important puisqu'il est compris entre 7 et 16 g. par litre.

5° Même pour les concentrés non neutralisés nous trouvons une forte teneur en *calcium* et en *fer*. Cette teneur nous paraît très nettement plus élevée que celle que l'on déduirait par le calcul tenant compte du taux de concentration.

Il nous paraît certain qu'une partie importante de ces métaux a été cédée par les cuves en ciment dans lesquelles on conserve les mutés.

Il n'y a pourtant pas lieu de modifier la teneur limite en calcium fixée par MM. JAULMES et DELGA.

La teneur en calcium augmente beaucoup lorsqu'on neutralise les moûts par la chaux ou le carbonate de calcium. Ce dernier caractère fera l'objet d'une étude spéciale exposée plus loin.

6° La teneur en *magnésium*, bien que plus faible que celle du calcium, est encore très importante puisqu'elle atteint une moyenne de 0 g. 50 par litre.

7° La teneur en *fer*, *cuivre* et *manganèse* — tous métaux utilisés en thérapeutique pour la réparation de la masse sanguine et de la teneur en hémoglobine — est remarquablement élevée, sans toutefois atteindre un taux capable de présenter un inconvénient par leur excès soit au point de vue gustatif, soit au point de vue toxique.

A ce propos nous avons fait d'intéressantes expériences : divers échantillons d'un concentré de raisin de densité 1,32 ont été additionnés de quantités connues de sulfate de cuivre : 12, 26, 52, 91 mmg. de cuivre par litre. Tous ces échantillons avaient un goût styptique intolérable, mais ce goût est allé peu à peu en s'atténuant, pour

disparaître après deux mois pour les deux premiers, après six mois pour le troisième et après un an pour le dernier. Sans doute le cuivre a-t-il été masqué par formation d'un ester du type de l'émétique avec l'acide tartrique ou même avec les sucres. Les limites normales des teneurs en ces métaux fixées par MM. JAULMES et DELGA étaient par kilogramme : 100 mmg. de fer, 20 mmg. de cuivre pour le jus de raisin concentré, et 40 mmg. de cuivre pour le sirop de raisin concentré. Les teneurs en fer que nous avons trouvées dépassent de beaucoup cette valeur, qui à notre avis pourrait être portée à 250 mmg. au moins pour le sirop de raisin. Les limites du cuivre sont largement satisfaites et il n'y a pas lieu d'y rien changer.

8° La teneur en *sodium* est loin d'être négligeable et est très variable, allant de 0 g. 101 par litre à 1,190 pour le concentré de St-Gilles, avec une teneur moyenne de 0,200 à 0,300.

On doit donc être très prudent quant à la recherche de la neutralisation du concentré par du carbonate de sodium, par le dosage du sodium. La limite de 1 g. de sodium par kilogramme de concentré adoptée par MM. JAULMES et DELGA est d'ailleurs confirmée par notre travail.

9° La richesse en *arsenic* des moûts que nous avons étudiés est très faible et bien inférieure au chiffre limite que MM. JAULMES et DELGA avaient adopté d'après la toxicité de ce métalloïde.

10° La teneur en ion *chlore* est assez constante et se maintient aux alentours de 0 g. 200 (exprimée en ClNa par kilogramme). Cet élément n'a à cette dose aucun inconvénient.

11° La teneur en *plomb* d'un de ces produits n'est pas excessive et elle est sans inconvénient pour la santé.

12° La teneur en *silice* est également assez constante et se tient entre 0 g. 100 et 0 g. 200 par kilogramme. Cet élément augmente beaucoup par la neutralisation ; sans doute cette augmentation est due à l'argile contenue si fréquemment dans le carbonate de calcium employé pour la neutralisation.

13° La quantité de *sulfates* que l'on trouve dans les moûts concentrés paraît assez élevée, puisque, exprimée en sulfate de potassium par kg., elle atteint de 1 g. 3 à 3 g. 3. Toutefois, si l'on songe que ces moûts ont été concentrés au $\frac{1}{5}$ de leur volume, ces doses ne sont pas excessives. Il ne fait pas de doute qu'une partie de cet ion sulfurique ne provienne de l'oxydation de l'anhydride sulfureux utilisé pour le mutage.

14° Les quantités de *phosphore* que l'on trouve dans les moûts concentrés sont remarquablement élevées : de 1 à 2 g. de P_2O_5 par litre. Il est d'ailleurs bien connu que le jus de raisin est riche en phosphates et composés organiques phosphatés puisqu'on y trouve de 0 g. 15 à 0 g. 45 de P_2O_5 par litre.

Cette teneur élevée fait un aliment précieux de ces moûts concentrés.

Dans cette discussion nous avons délibérément laissé de côté deux facteurs importants : l'influence de la neutralisation et la teneur en anhydride sulfureux. Etudions maintenant avec toute l'attention qu'ils méritent ces deux problèmes importants.

I. — Influence de la neutralisation sur la composition des moûts concentrés.

Nous avons principalement étudié les variations de l'acidité, de la teneur en calcium, en acide tartrique, de la densité et de l'indice de réfraction par la neutralisation des moûts concentrés.

1) *Influence de la neutralisation et de la surneutralisation sur l'acidité et la teneur en calcium.*

Un moût initial de densité 1,291 a été additionné de quantités variables de lait de chaux, capables de neutraliser : la moitié, les neuf dixièmes, les douze dixièmes, et le double de l'acidité totale. Après vingt-quatre heures de repos le moût est décanté et analysé.

	Moût initial	Moût + chaux neutralisant la moitié de l'acidité	Moût + chaux neutralisant les 9/10 de l'acidité	Moût + chaux neutralisant les 12/10 de l'acidité	Moût + chaux 2 fois la quantité neutralisant l'acidité
Acidité totale en g./l.	12,94	8,15	1,96	0,29	—6,86 ⁽¹⁾
pH	3,1	4,0	5,8	7,0	10,5
Calcium p. litre.	1,04	2,22	2,98	2,20	5,62
Acidité volatile.	0,22	0,22	0,24	0,36 ⁽²⁾	0,51 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Le signe négatif veut dire que le moût est alcalin et qu'il a fallu ajouter cette quantité d'acide sulfurique pour le neutraliser.

⁽²⁾ Cette acidité volatile montre que l'excès de chaux a attaqué d'une façon appréciable les sucres réducteurs comme cela est bien connu. (Cf. JAULMES, *Ann. Fals. Fraudes*, 1935, p. 540-546.)

Ces expériences montrent que le pH ne peut atteindre la neutralité (pH7) qu'en ajoutant un excès de chaux, et que même après avoir ajouté à un moût les douze dixièmes de la chaux théoriquement nécessaire d'après l'acidité mesurée par la soude en présence de phénol-phtaléine, il reste encore une petite quantité d'acides libres qu'il faut saturer pour ramener le pH à 8,5 où la phtaléine du phénol commence à virer. Cela est dû sans doute à ce que les grains de chaux ne réagissent qu'à leur surface.

Nous notons que la teneur en calcium du moût neutralisé est toujours élevée, même lorsqu'on ajoute seulement la moitié de ce qu'il faudrait pour neutraliser l'acidité. Cette teneur augmente beaucoup si on dépasse largement la quantité strictement nécessaire.

2) *Influence de divers moyens de neutralisation sur la teneur finale en calcium.*

Un certain nombre d'échantillons du même moût concentré ont été additionnés de quantité connue de chaux ou de carbonate de calcium. Ces expériences ont été réalisées soit sur 100 cm³ de moût, soit sur deux litres de moût concentré ; l'analyse a été faite après une semaine de décantation.

Moût initial.

Densité	1,325	
Acidité totale	20,6	en g./SO ₄ H ₂ /l. (mesurée à la phénol-phtaléine).
pH	2,9	
Calcium	1,20	

Agent de neutralisation	Quantité ajoutée capable de neutraliser la fraction de l'acidité totale égale à :	Teneur finale en calcium en g/l.	pH
Lait de chaux	8/10	6,27	5
CO ₃ Ca	8/10	4,65	4,6
CO ₃ Ca	3 fois	5,95	5,3
Lait de chaux ...	8/10		
+ CO ₃ Ca	2 fois	4,94	6,2
HONa	8/10	1,20	5,3

Ces môuts concentrés ont eu leur couleur brunie, leur saveur acide à peu près supprimée ; les môuts saturés par la chaux ou le carbonate de calcium avaient une faible saveur métallique ; le moût saturé à la soude ou au carbonate de sodium a acquis une saveur saline et amère le rendant inconsommable.

Ces expériences, répétées plusieurs fois chacune, montrent que la teneur en calcium du moût neutralisé reste très élevée, qu'elle est un peu plus élevée lorsqu'on neutralise par la chaux que par le carbonate de calcium, que même après traitement par un grand excès de carbonate de calcium le pH reste bien inférieur à 7.

Enfin nous observons qu'on ne peut espérer neutraliser un moût concentré par de la soude caustique ou du carbonate de sodium, à cause de la grande quantité de tartrate sodico-potassique et de sels de sodium des autres acides du moût qui restent en dissolution lui communiquant une saveur saline fort désagréable, et qui auraient de plus une action laxative bien souvent nuisible.

3) *Action de la neutralisation sur la densité et sur l'indice de réfraction.*

Dans un ballon de 250 cm³ nous avons placé 275 g. du moût concentré Uv. dont l'acidité est égale à 7 g. 93 par kilogramme et dont la densité à 15° est 1,3470 ; nous avons porté au trait de jauge.

Dans un second ballon nous avons mis la même quantité *exactement*, par pesée sur la balance de précision, et avant de porter au trait de jauge nous avons ajouté la quantité de chaux exactement nécessaire pour neutraliser le moût.

Après deux jours, puis après huit jours de repos, puis après sept mois, nous avons mesuré la densité avec toute la précision voulue. L'acidité a été portée à 1 g. 16 en SO₄H₂ par kilo.

	Moût non neutralisé	Moût neutralisé		
		apr. 2 j.	apr. 8 j.	apr. 7 mois
Densité à 15°	1,2825	1,2905	1,2877	1,2877
Indice de réfraction	1,4370		1,4383	1,4383

Cette expérience montre que la densité a augmenté d'une façon appréciable — de 0,0052 — par la neutralisation malgré la précipitation de l'acide tartrique et parce que le moût est resté chargé en calcium. Cette teneur est en effet passée de 0,600 g./kg. à 3 g./kg., soit à 3 g. 46/kg. (4 g. 6 par litre) en ramenant la densité à 1,340.

En conclusion, la neutralisation d'un moût concentré de D = 1,340 augmente la densité de 0,006, soit l'équivalent de 15 g. de sucre.

De même, l'indice de réfraction a augmenté d'une façon appréciable — de 0,0013 — par la neutralisation par la chaux, soit 0,00156 pour un moût de densité 1,340, soit l'équivalent de 10 g. 5 de sucre.

Il convient donc de retrancher 0,006 de la densité, 0,0015 de l'indice de réfraction aux moûts neutralisés de densité normale (1,340) avant d'utiliser ces constantes pour le calcul de la teneur en sucre à l'aide du tableau I.

4) Influences du moment de la neutralisation sur la composition d'un moût.

Dans certains ateliers de concentration on a l'habitude de neutraliser le muté *avant* la concentration. Ce procédé est avantageux quant à la teneur en calcium du concentré et la facilité du débouillage, mais il est désastreux en ce qui concerne la teneur en anhydride.

Voici les observations recueillies dans une usine des Pyrénées-Orientales où ce procédé est suivi.

	Muté initial	Muté neutralisé	Moût demi-concentré	Moût concentré terminé
Densité à 15°	1,0889	1,090	1,1681	1,3554
Indice de réfraction à 20	1,3666	1,3672	1,3948	1,4634
Taux de concentration			53 %	25 %
Sucres en g/kg.	196	196	339	647
— en g/l.	216	216	396	876
Alcool en g/kg.	7,3	7,3		0,476
— en g/l.	8,0	8,0		0,645
Acidité en g/kg.	3,30	0,62	1,20	2,00
— en g/l.	3,60	0,68	1,41	2,70
Ac. tartrique en g/kg.	2,85	0,18	0,32	0,54
— — en g/l.	3,10	0,20	0,37	0,73
SO ₂ total en g/kg.	1,457	1,430	2,06	3,250
— en g/l.	1,587	1,560	2,410	4,390
SO ₂ libre en g/kg. ...	0,294	0,276		0,068
— en g/l.	0,320	0,301		0,092
Calcium en g/kg.	—	—	—	1,920
— en g/l.	—	—	—	2,600

On voit par ces mesures que :

1° L'anhydride sulfureux ne peut plus s'échapper si on le neutralise avant la concentration et que le concentré obtenu en contient une très forte proportion ; celui-ci aura un goût et une odeur désagréable, surtout si on l'emploie dans la fabrication des confitures, l'acidité du fruit ajouté libérant l'anhydride sulfureux.

2° La teneur en acide tartrique du concentré neutralisé est très faible.

3° La teneur en calcium d'un moût concentré après neutralisation est nettement plus faible que lorsqu'on effectue cette neutralisation après la concentration.

II. — Teneur des concentrés en anhydride sulfureux.

Etude du désulfitage des mutés au cours de leur concentration.

Un temps souvent fort long s'écoule entre la récolte de la vendange et la concentration du moût. Il est donc indispensable d'ajouter au moût un antiseptique pour empêcher toute fermentation et toute altération pendant la conservation du moût. C'est l'anhydride sulfureux qui est le seul employé à des doses comprises entre 0 g. 500 au moins et 1 g. 500 par litre. Cet anhydride est volatil et il s'échapperait en totalité lors de la concentration s'il ne se combinait, en partie et assez rapidement, aux sucres en contractant des combinaisons assez stables et fixes suivant l'équation :



Or la Loi (décret du 1^{er} octobre 1938) limite la teneur maxima des jus de fruits à un chiffre très bas : 0 g. 10 par litre ; pour les moûts concentrés cette limite n'a pas encore été fixée d'une façon explicite, mais il paraît certain que ce taux limite est augmenté dans la proportion de la concentration, un moût concentré au 1/5 en volume pouvant contenir sans infraction jusqu'à $5 \times 0,100 = 0,500$ d'anhydride.

Les concentrateurs et les fabricants de jus de fruits sont en butte à de grandes difficultés pour obtenir des jus concentrés ne dépassant pas la limite légale en anhydride sulfureux, car durant la concentration sous pression réduite l'anhydride combiné au sucre n'est que très partiellement chassé et il n'est pas rare de trouver des jus de raisin concentrés dans le vide contenant 0,60 à 0,80 d'anhydride sulfureux par litre, bien que par ailleurs ces produits soient excellents et absolument purs.

Nous avons donc étudié la quantité d'anhydride qui s'échappe d'un muté lorsqu'on le concentre dans diverses conditions et essayé

de déterminer comment on devait opérer pour se débarrasser suffisamment de l'anhydride pour que le jus concentré soit conforme à la Loi.

Pour que le concentré se conserve sans fermenter, il est nécessaire que la densité atteigne 1,340 (soit plus de 800 g. de sucre au litre), cette densité est atteinte par concentration au cinquième en volume environ. Comme la teneur initiale en anhydride sulfureux total de muté peut atteindre 1 g. 5 par litre environ, il faut donc, pour que le concentré contienne moins de 0 g. 500 par litre, chasser au moins les 94 % de l'anhydride total initial du muté, c'est-à-dire que le rapport $\frac{\text{SO}_2 \text{ total restant}}{\text{SO}_2 \text{ total initial}}$ doit être au plus égal à 6 %. On saisit combien sévère est cette condition de 0 g. 100 de SO₂ par litre imposée aux jus de fruits.

Nous ne sommes certes pas les premiers à étudier ce problème du désulfitage des mutés, et les travaux de BERTIN, MOREAU et VINET, MARCILLE, NÈGRE, JAULMES (1), etc., pour ne citer que les plus récents, ont déjà apporté une certaine clarté sur ce problème.

Pour MM. MOREAU et VINET le partage de l'anhydride sulfureux entre l'état libre et l'état combiné aux sucres aldéhydes, tanins, etc., est réalisé en quatre jours (en deux jours pour M. MARCILLE) et la quantité d'anhydride libre l est reliée à la quantité totale t par une relation linéaire du type $l = at - b$.

Autrement dit, jusqu'à une certaine dose limite appelée indice

$T = \frac{a + b}{a}$, tout l'anhydride reste combiné. Lorsque t est supérieur

à T , une certaine proportion R de cet excès est libre, et T et R dépendent de la qualité des vins ou des moûts, de leur teneur en sucres, en tanins, et de leur acidité. L'état d'équilibre est déplacé vers l'augmentation de la quantité d'anhydride libre par l'élévation de la température.

(1) BERTIN — *Ann. Fals. Fraudes*, 1934, p. 172,
MOREAU et VINET. — *Ibidem*, 1927, p. 316 ; 1928, p. 130 ; 1933,
p. 154 ; et *Bull. intern. Vin.*, 1928, n° 3, p. 37 ; 1934, n° 71, p. 63.

MARCILLE. — *Bull. intern. Vins*, 1936, n° 101, p. 52.

NÈGRE. — *Ibidem*, 1943, n° 157, p. 3.

JAULMES. — *Analyse des vins*, p. 294.

JAULMES et TEXIER. — *Bull. Soc. Chim.*, 1943, 10, p. 435.

L'anhydride combiné est peu à peu libéré si on fait disparaître l'anhydride libre par volatilisation ou par oxydation. La vitesse de cette dissociation croît avec la température. Au-dessus de 50°, elle est très rapide et est instantanée à l'ébullition. *Elle croît dans le même sens que le pH*, elle est plus rapide quand le pH augmente, ce que M. JAULMES avait observé, mais à propos de la combinaison de l'acétaldéhyde avec l'anhydride sulfureux,

L'important travail que M. NÈGRE a fait récemment paraître sur le désulfitage des mûts a montré que la décomposition de la combinaison sucre-anhydride n'avait une vitesse pratiquement utilisable qu'au-dessus de 55°, que cette vitesse n'est pourtant pas très grande, ce qui nécessite le séjour du muté dans l'appareil à désulfiter pendant un temps suffisant ; M. NÈGRE a remarqué que la désulfitation des mutés se fait à une vitesse maxima lorsque le pH est compris entre 2,8 et 3,8 (moyenne 3,3) correspondant à une vitesse appréciable de la décomposition de la combinaison (conformément aux observations de MOREAU et VINET) sans que le pH ne soit trop élevé pour que la volatilisation de SO₂ ne soit pas ralentie par sa salification.

M. NÈGRE a aussi confirmé expérimentalement que le rapport $\frac{\text{SO}_2 \text{ libre}}{\text{SO}_2 \text{ total}}$ était d'autant plus grand que la teneur en sucres est plus faible, comme ROCQUES (1) l'avait indiqué autrefois. Aussi M. NÈGRE en conclut que pour désulfiter le muté dans des conditions optima, il faudrait opérer à plus de 55° à pH 3,3, en évitant de trop concentrer le muté pour ne pas trop augmenter la teneur en sucres, et en faisant durer l'opération un temps suffisant, avec de préférence barbotage de vapeur d'eau, qui facilite l'éloignement de l'anhydride libéré.

Nous avons voulu apporter notre contribution à cette étude ; d'ailleurs nous avons commencé quelques recherches sur ce problème avant d'entreprendre notre thèse et avant la publication du mémoire de M. NÈGRE.

Situons d'abord le problème et observons le phénomène.

Ce désulfitage ne présenterait pas de difficulté si on opérait la concentration sous la pression normale, car à 100° la combinaison sucre-aldéhyde est très rapidement dissociée, et l'anhydride sulfureux

(1) ROCQUES. — *Ann. Fals. Fraudes*, 1910, p. 94.

libéré distille très facilement, sa constante de volatilité dépassant 50 en solution aqueuse acide.

Mais la température de 100°, même pendant un temps très court, altère quelque peu les qualités gustatives, alimentaires, et l'aspect du produit qui est plus ou moins jauni, ou même un peu caramélisé. Il y a à tous points de vue un grand intérêt à opérer la concentration à température aussi basse que possible, donc sous pression réduite, ainsi on obtient un jus concentré qui, dilué convenablement, est très voisin du jus de raisin frais.

Malheureusement dans ces conditions, l'anhydride sulfureux combiné ne s'échappe pas bien. Observons par exemple la teneur en anhydride de divers échantillons prélevés au cours de la concentration et dont la composition est rapportée au tableau VI de la page 63.

Alors que l'anhydride sulfureux libre diminue progressivement pour disparaître, l'anhydride total diminue d'abord puis augmente parce que la combinaison sucre-anhydride s'est concentrée plus vite qu'elle ne s'est dissociée. Dans cette opération industrielle qui a duré une heure 50 minutes, le rapport $\frac{\text{SO}_2 \text{ total restant}}{\text{SO}_2 \text{ total initial}} = 10,8 \%$, et il est resté 0 g. 754 de SO₂ au lieu des 0 g. 500 maxima.

Etudions ce problème au laboratoire en commençant par bien comparer les concentrations à 100° et à 45° puis en recherchant une technique qui permette de chasser tout SO₂ même à 45°.

1) *Comparaison entre la concentration sous pression réduite et la concentration sous la pression normale.*

Le muté a été concentré sous 60 à 70 mm. de mercure environ, la température d'ébullition n'ayant jamais dépassé 45°. Le chauffage a été réalisé au bain-marie à 50-55°. Cette concentration, portant sur 400 cm³, a duré trois heures environ.

La concentration sous la pression normale a été réalisée par chauffage à feu nu en ballon de verre sur 400 cm³ de muté initial en quarante minutes environ.

La concentration dans l'un et l'autre cas a été poussée jusqu'à obtention d'une densité de 1,340, soit une concentration au cinquième en volume. J'ai opéré sur quatre mutés différents dont voici les teneurs en anhydride initial.

Année du mûté.....	1941		1942	
	1	2	3	4
Densité	1,065	1,063	1,069	1,064
SO ₂ libre g/l	0,288	0,416	0,032	0,224
SO ₂ total g/l.	0,833	1,011	0,272	0,705
Sulfates en SO ₄ K ₂ g/l. .	1,02	0,590	0,564	1,090
Résultats de la concentration :				
<i>Concentration à 45° (dans le vide partiel) :</i>				
SO ₂ total restant g/l.	0,692	0,920	0,131	0,532
SO ₂ total restant				
SO ₂ total initial =	16,6 %	18,2 %	9,6 %	15,1 %
<i>Concentration à 100° environ (sous pression normale) :</i>				
SO ₂ total restant g/l.	0,108	0,059	0,044	0,122
SO ₂ total restant				
SO ₂ total initial =	2,6 %	1,2 %	3,2 %	3,5 %

D'autres expériences ont été faites avec d'autres mutés en suivant d'une façon continue le départ de l'anhydride pendant la concentration sous la pression normale, pour préciser dans quel volume minimum de distillat l'anhydride s'échappe :

a) **Muté de 1941** (âgé de 15 mois) :

SO ₂ libre en g/l.	0,096
SO ₂ total »	0,840
Densité	1,059

Concentration à 45° (dans le vide partiel) au volume 19,8 % :

Densité	1,336
SO ₂ total en g/l.	2,038
SO ₂ total restant	
SO ₂ total initial =	48 %

Même en poussant la concentration à 19,8 % ce muté n'a donc cédé qu'une faible partie de son anhydride.

Concentration à 100° (sous la pression normale).

Les 91 % de l'anhydride ont été chassés par la distillation de 20 % seulement du volume liquide. Toutefois, ce muté avait subi un départ de fermentation, aussi une quantité importante d'anhydride était-elle combinée à l'acétaldéhyde. Cet anhydride est alors

moins volatil que l'anhydride libre. Ce qui explique la faible partie d'anhydride chassée à 45°. Aussi ai-je recommencé avec un muté non fermenté. L'anhydride combiné à l'acétaldéhyde a une constante de volatilité de 20, alors que cette constante est de 57 pour l'anhydride libre en milieu acide et dilué (1).

b) Muté de 1942.

SO ₂ libre en g./l.	0,104
SO ₂ total en g./l.	0,550
Densité	1,077

Concentration à 45° (sous pression réduite) au volume 22,6 %.

Nous avons obtenu un moût contenant :

SO ₂ total g./l.	0,595
Densité	1,340
$\frac{\text{SO}_2 \text{ total restant}}{\text{SO}_2 \text{ total initial}} = \dots\dots\dots 21,6 \%$	

Ce moût est encore beaucoup trop riche en anhydride malgré la concentration très poussée.

Concentration à 100° environ (sous la pression normale).

Les 97,5 % de l'anhydride sulfureux total ont été chassés, dès le départ de 20,4 % du volume liquide.

Cette série d'expériences montre que l'anhydride ne s'échappe que très incomplètement pendant la concentration à 45° sous pression réduite. *Il n'est pas possible d'obtenir des concentrés assez pauvres en anhydride sulfureux en une seule opération sous pression réduite, deux conditions rendues obligatoires pour la préparation des moûts de raisin à usage alimentaire par l'arrêté du 1^{er} décembre 1942 (J. O. du 8 décembre 1942).*

Au contraire, sous la pression normale (à 100°) on arrive à chasser suffisamment l'anhydride sulfureux libre et combiné pour que le concentré obtenu puisse être vendu comme jus de raisin.

Il suffit même de distiller le cinquième du volume seulement, autrement dit ramener le volume aux quatre cinquièmes de ce qu'il était, pour que pratiquement tout l'anhydride soit chassé du muté, et que le concentré obtenu contienne moins de 0 g. 100 de SO₂ par litre.

(1) JAULMES et TEXIER. — *Bull. Soc. Chim.*, 1943, 5^e s., 10, p. 436.

Nous notons de plus que les mutés anciens (quinze mois de préparation) cèdent plus difficilement leur anhydride que les mutés récents (trois mois d'âge) lorsqu'on opère sous pression réduite. Rien de semblable à remarquer sous la pression normale.

Un muté qui a commencé à fermenter par dose d'anhydride insuffisante est plus difficile à désulfiter qu'un muté normal ; il est bien connu que l'anhydride combiné à l'acétaldéhyde est plus difficile à volatiliser que l'anhydride libre.

III. — Recherche d'un procédé de concentration à basse température assurant un désulfitage correct.

Il est parfaitement possible de désulfiter un muté à 100° avant de le concentrer, mais il paraît à priori préférable de ne pas chauffer un muté de façon à éviter toute altération par la chaleur et à conserver au produit fini la brillante et vive couleur du jus de raisin frais, sans traces de jaunissement, sans goût de cuit, avec toute sa richesse en vitamines, etc. Aussi ai-je essayé divers procédés physiques de désulfitage à basse température.

Nous avons utilisé un mûté de 1941 ayant la composition suivante :

SO ₂ libre en g./l.	0,352
SO ₂ total en g./l.	0,960
Densité	1,080
Sucres totaux g./l.	182,2

Ce mûté concentré au cinquième en volume à 45° donnait un concentré contenant 1 g. 440 d'anhydride sulfureux total par litre, soit un rapport $\frac{\text{SO}_2 \text{ restant}}{\text{SO}_2 \text{ initial}} = 30 \%$ beaucoup trop élevé.

a) Concentration et entraînement par la vapeur d'eau.

Cinq cents centimètres cubes de muté ont été concentrés à 200 cm³ à 45°, puis traversés par un courant de vapeur d'eau durant 40 minutes, en même temps que la concentration était poursuivie à 45°. Le concentré, de densité 1,340, contenait 0 g. 580 g./litre d'anhydride sulfureux total. Le rapport $\frac{\text{SO}_2 \text{ restant}}{\text{SO}_2 \text{ initial}} =$ égale donc 12 %

Ce moyen est donc assez efficace, mais insuffisant.

b) *Concentration préalable du moût à 90° sous pression faiblement réduite et fin de la concentration à 45°.*

Nous avons évaporé le quart du volume à 80-90° de température, puis nous avons terminé cette concentration à 45°, espérant que pendant le premier temps l'anhydride sulfureux a été chassé en grande partie.

Résultat : SO₂ restant : 0.g. 70 par litre, soit :

$$\frac{\text{SO}_2 \text{ restant}}{\text{SO}_2 \text{ initial}} = 14,6 \%$$

Ces résultats sont intéressants ; ce procédé a été essayé à l'échelle industrielle. Dans un appareil Navarre qui habituellement marche à 40-45°, on a concentré sous vide réduit (20 cm.) et à faible vitesse, du muté, puis l'opération a été terminée à 45° selon le procédé habituel.

	Muté initial	Désulfitage à 90°			Concentré final
		Après 30 m.	Après 1 heure	Après 1 h. ½	
Densité	1,076	1,082	1,094	1,102	1,309
SO ₂ libre...	0,256	0,048	0,016	0,016	traces
SO ₂ total .	0,672	0,372	0,116	0,088	0,145

$$\frac{\text{SO}_2 \text{ restant}}{\text{SO}_2 \text{ initial}} = 5,3 \%$$

Le résultat est bon, mais l'opération est longue, délicate à mener et surtout le concentré a été traité pendant une heure trente minutes à la température trop élevée de 90°.

c) *Ebullition préalable sous reflux.*

BERTIN (1) a montré qu'en faisant bouillir sous reflux un muté ou un vin sulfité on arrive en une demi-heure à une heure à le débarrasser pratiquement de tout l'anhydride sulfureux qu'il contenait, ce gaz s'échappant peu à peu par le réfrigérant. Ce procédé fort ingénieux a été essayé avec succès par un grand nombre d'expérimentateurs, nous l'avons aussi essayé avec un bon résultat.

(1) BERTIN. — *Ann. Fals. Fraudes*, 1934, p. 172. *

Après une heure trente minutes d'ébullition sous reflux sous la pression ordinaire, il ne restait presque plus d'anhydride dans notre muté :

	SO ₂ libre	néant
	SO ₂ total	0,024
soit	$\frac{\text{SO}_2 \text{ total restant}}{\text{SO}_2 \text{ total initial}} =$	2,5 %

Remarquons bien que ce n'est évidemment pas le chauffage à 100° qui chasse l'anhydride, mais il faut qu'il y ait volatilisation de liquide, la vapeur très riche en anhydride sulfureux se condensant dans le réfrigérant ascendant en y abandonnant son anhydride sulfureux gazeux, tandis que le liquide reflue très appauvri en SO₂.

En effet, après chauffage au *bain-marie bouillant* (donc sans ébullition) sous reflux sous la pression normale, 650 g. de muté ont laissé un moût très riche en anhydride sulfureux, puisque son analyse a donné :

	SO ₂ libre	0,384 en g./l.
	SO ₂ total	0,848 en g./l.
soit	$\frac{\text{SO}_2 \text{ total restant}}{\text{SO}_2 \text{ total initial}} =$	88,5 %

Mais ce procédé comporte un long chauffage à 100°, ce qui devait être évité. Nous avons alors essayé le même procédé mais sous pression réduite.

592 cm³ de muté ont été chauffés sous reflux sous pression assez réduite pour que la température d'ébullition atteigne 45°.

Après une heure de cette ébullition il est resté le même volume de moût qui contenait :

	SO ₂ libre	0,032 en g./l.
	SO ₂ total	0,192 en g./l.
soit	$\frac{\text{SO}_2 \text{ total restant}}{\text{SO}_2 \text{ total initial}} =$	20 %

45 minutes plus tard ces quantités étaient devenues :

	SO ₂ libre	0,016 en g./l.
	SO ₂ total	0,096 en g./l.
soit	$\frac{\text{SO}_2 \text{ total restant}}{\text{SO}_2 \text{ total initial}} =$	10 %

La même expérience a été refaite, mais en opérant à plus basse pression, donc à plus basse température : 35°.

Après une heure il restait :

SO ₂ libre	0,040 en g./l.
SO ₂ total	0,408 en g./l.
soit $\frac{\text{SO}_2 \text{ total restant}}{\text{SO}_2 \text{ total initial}} = 42,5 \%$	

45 minutes plus tard ces quantités sont devenues :

SO ₂ libre	0,032 en g./l.
SO ₂ total	0,224 en g./l.
soit $\frac{\text{SO}_2 \text{ total restant}}{\text{SO}_2 \text{ total initial}} = 23,4 \%$	

Ce procédé, sans présenter la belle efficacité de l'ébullition sous pression normale, n'est donc pas sans donner de bons résultats, mais il est assez long, et il faut noter qu'il y a intérêt à ne pas opérer sous pression trop réduite — ce qui confirme bien les observations de M. NÈGRE qui estime qu'il faut opérer à 55° au moins, pour que la vitesse de décomposition de la combinaison sucre-anhydride soit suffisante.

Nous n'avons pas réussi à faire essayer ce procédé industriellement par suite des difficultés d'appareillage.

d) *Évaporations partielles dans le vide en plusieurs opérations avec périodes de 24 heures de repos entre chaque évaporation.*

700 cm³ de muté sont concentrés à 45° jusqu'à 562 cm³, soit à 80,4 pour cent du volume initial.

Il est resté :

SO ₂ libre en g./l.	0,064
SO ₂ total en g./l.	0,500
soit $\frac{\text{SO}_2 \text{ total restant}}{\text{SO}_2 \text{ total initial}} = 40,2 \%$	

Après 24 heures de repos, SO₂ libre a été trouvé augmenté :

SO ₂ libre en g./l.	0,150
-------------------------------------	-------

montrant la libération partielle de l'anhydride combiné pendant 24 heures de repos.

J'ai alors évaporé à 45° le liquide restant de façon que son volume soit ramené au 72,5 % de ce qu'il était avant cette deuxième concentration. 100 cm³ de moût initial se trouvent donc ramenés à un volume de 58 cm³ 4.

Il est resté :

SO ₂ libre en g./l.	0,024
SO ₂ total en g./l.	0,344
soit $\frac{\text{SO}_2 \text{ total restant}}{\text{SO}_2 \text{ total initial}} = 20,9 \%$	

Après 24 heures de repos, SO₂ libre est devenu égal à 0,056 en g./l., prouvant une libération partielle de l'anhydride combiné pendant les 24 heures de repos, mais cette libération est beaucoup plus faible que précédemment.

J'ai à nouveau évaporé à 45° le liquide restant de l'opération précédente, de façon que son volume soit ramené à 52,1 % de ce qu'il était : 100 cm³ de moût initial se trouvent ainsi ramenés au volume de 30 cm³ 4.

Il y reste :

SO ₂ libre en g./l.	0,008
SO ₂ total en g./l.	0,258
soit $\frac{\text{SO}_2 \text{ total restant}}{\text{SO}_2 \text{ total initial}} = 8,18 \%$	

Après 24 heures de repos la quantité de SO₂ libre a été également faiblement augmentée à 0,016 g./litre, la libération de l'anhydride sulfureux devient alors bien plus lente que précédemment.

Enfin, j'ai effectué une dernière évaporation à 45° de manière à ce que le volume du moût concentré restant de l'opération précédente soit ramené aux 55,5 centièmes de ce qu'il était. Le moût initial s'est ainsi finalement trouvé concentré à 16,8 %, concentration considérable correspondant à une densité de 1,48 soit 47° B., et cela avec trois temps d'arrêt de 24 heures chacun.

L'anhydride s'est élevé à :

SO ₂ libre en g./l.	0,0016
SO ₂ total en g./l.	0,276
soit $\frac{\text{SO}_2 \text{ total restant}}{\text{SO}_2 \text{ total initial}} = 4,84 \%$	

Cette expérience est très instructive, elle montre :

1° Que par l'évaporation sous pression réduite à 45°, l'anhydride libre d'un muté est volatilisé en grande partie (86 % environ) avec les 90 % du volume liquide, quoique beaucoup moins vite que sous la pression normale, puisque à 100° bien avant que ce volume ait été volatilisé, pratiquement tout l'anhydride (libre et total) aurait été chassé.

2° L'anhydride combiné est libéré progressivement même à froid, lorsque le moût a été débarrassé de son anhydride libre. Cette libération est évidemment limitée. Elle n'a pas la même vitesse pour *tout* l'anhydride combiné, il n'est pas impossible même que celui-ci se trouve dans un muté sous au moins deux états, l'un peu stable, l'autre relativement très stable au moins à froid.

3° Par ce procédé, il est vrai fort laborieux, il est possible, sans chauffer au delà de 45°, d'enlever une proportion très élevée de SO₂ total (libre + combiné) puisque nous avons pu enlever 95,16 % de l'anhydride total initialement contenu dans un muté à 0,96 en g./litre.

e) *Double concentration à 45°.*

Devant le succès, au moins théorique, du procédé précédent, et le bon résultat donné par l'entraînement à la vapeur d'eau, nous avons essayé le procédé suivant :

Après une première concentration au cinquième en volume, le concentré est abandonné 24 heures, puis dilué avec de l'eau et reconcentré.

Après la première concentration au cinquième il est resté 1 g. 44 d'anhydride total par litre, soit 30 % de l'anhydride total initial.

Après la deuxième concentration au cinquième, il est resté 1 g. 10 d'anhydride total par litre, soit 23 % de l'anhydride initial.

Ce procédé n'est donc qu'assez peu satisfaisant, mais comme il est relativement simple, en particulier au point de vue de l'appareillage, il a été essayé à l'échelle industrielle. Le tableau VII de la page 64 rapporte le résultat d'une opération de cette nature.

Partant d'un muté très sulfité à 1 g. 91 par litre, la première concentration sous vide (45° de température) a donné un concentré « primaire » contenant 1 g. 65 d'anhydride sulfureux par litre — inconsommable — après 6 jours de repos, ce concentré a été dilué par 20 hl. d'eau pour 50 hl. de concentré, et laissé au repos 24 heures de plus. Finalement, ce produit a été concentré à 45° encore. Nous avons obtenu un concentré contenant encore 0 g. 730 d'anhydride par litre, soit 9 % seulement de l'anhydride initial. Mais nous avons affaire à un muté sursulfité parce que la fermentation y avait commencé, or — nous l'avons vu — l'anhydride est particulièrement difficile à arracher.

Voici un autre résultat obtenu par ce procédé :

Un muté contenant 1 g. 20 d'anhydride par litre a été concentré à 24 % ; il contenait alors 0 g. 572 d'anhydride par litre. Après

quatre jours de repos il a été dilué à raison de 33 hl. d'eau pour 67 hl. de concentré, puis reconcentré après 20 h. de repos. Nous avons obtenu un concentré contenant 0 g. 288 d'anhydride par litre (densité 1,336), c'est-à-dire que nous avons chassé les 95,2 % de l'anhydride initial. Reste 4,8 % de l'anhydride initial.

Ces résultats sont encore meilleurs en préparant le concentré primaire par concentration incomplète dans un appareil travaillant sous la pression normale, comme le font la plupart des concentrateurs (1).

Voici les résultats obtenus à l'échelle industrielle :

	Muté initial	Concentré primaire à 100°	Concentré secondaire terminé à 45°
Densité	1,118	1,218	1,320
SO ₂ libre	0,208	0,064	0,032
SO ₂ total	0,640	0,112	0,128
Densité	1,118	1,219	1,347
SO ₂ libre	0,208	0,032	0,032
SO ₂ total	0,640	0,112	0,112
Densité	1,071	1,121	1,319
SO ₂ libre	0,288		
SO ₂ total	0,720	0,192	0,184
ETC ...			

Malheureusement dans ce dernier procédé, on a porté le moût concentré à 100°, ce que l'on veut éviter. D'ailleurs les arrêtés ministériels du 1^{er} décembre 1942 et du 4 février 1943 interdisent l'emploi d'appareils évaporatoires fonctionnant sous la pression normale.

Ce procédé de concentration en deux temps dans un appareil à concentration dans le vide avec repos et dilution avant la deuxième concentration a été utilisé pendant un certain temps dans une usine de concentration de la région, mais il a donné lieu à quelques mécomptes, car le concentré primaire avait tendance à commencer à fermenter, si bien que le concentré final contenait une grande quantité de germes, et il subissait par la suite un très long processus fermentaire qui faisait éclater les bouteilles.

Ce procédé pour être employé doit l'être avec de grandes précautions quant à l'aseptie de la cuve où on entrepose le concentré primaire. Elle doit être fréquemment vidée et lavée à la solution sulfureuse.

(1) Cf. NÈGRE — *Bull. intern. Vins*, 1943, 16, n° 157, p. 4

Remarque. — Il nous est maintenant possible de discuter les valeurs de la teneur maxima en SO_2 des moûts concentrés que MM. JAULMES et DELGA avaient préparés. Ces teneurs maxima étaient de 0 g. 350 par kg. pour les jus concentrés, et 0 g. 750 par kg. pour les sirops de raisin — soit 0 g. 470 et 1 g. par litre pour ces deux catégories de produits. Ces limites se superposent sensiblement à celles du décret du 1^{er} octobre 1938 pour le jus de raisin, et elles ne nous paraissent pas excessives pour un produit que l'on veut aussi pur que possible. Elles peuvent être atteintes sans difficulté par un des procédés que nous avons essayé, pour peu que le fabricant consente à apporter tout le soin voulu à sa fabrication.

Quant à la limite de 1 g. par litre pour le sirop de raisin, elle peut être satisfaite sans difficulté, sans prendre de grandes précautions. Il suffit de partir d'un muté en bon état de conservation et qui n'a pas subi de départ de fermentation.

Conclusion.

Par une seule opération de concentration sous pression assez réduite pour que la température reste au-dessous de 45°, il n'est pas possible d'obtenir des concentrés contenant une dose d'anhydride sulfureux inférieure à la limite légale de 0 g. 100 par litre de jus ramené à la concentration naturelle.

On pourrait obtenir des concentrés satisfaisants en opérant la concentration à une température plus élevée, voisine de 90° ou mieux encore de 100°, mais à cette dernière température trop élevée les concentrés commencent à s'altérer.

On obtiendrait un bon départ de l'anhydride sans jamais élever la température au-dessus de 45° en fractionnant l'opération, et en laissant une journée de repos au moins entre les opérations de concentration partielle.

De même, en diluant et reconcentrant un concentré préparé depuis déjà plusieurs jours, on arrive à chasser l'anhydride sulfureux d'une façon suffisante. Nous avons observé au cours de ces expériences que les mutés anciens étaient plus difficiles à désulfiter que les mutés récents. Cette difficulté est tout particulièrement grande pour les mutés qui ont légèrement commencé à fermenter.

Enfin, il ne faut jamais désacidifier complètement un muté avant de le concentrer, sinon on obtiendrait un concentré très riche en anhydride. Par contre, une légère désacidification (1/10 à 2/10 de l'acidité) est d'après M. NÈGRE, favorable au départ de l'anhydride.



RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Nous avons d'abord comparé les relations simples entre la densité et la teneur en sucres des moûts de raisins et des concentrés qui ont été proposées et les avons confrontées avec la réalité. Nous avons adopté, comme la plus proche de la nature, la relation indiquée il y a deux ans par M. JAULMES :

$$p' = 2450 (D - 1) - 14 \quad [11]$$

Nous avons ensuite recherché une relation entre l'indice de réfraction et la teneur en sucres. Nous l'avons trouvée :

$$p' = 6712 (n - 1,3351) \quad [19]$$

Cette formule diffère quelque peu de celles que l'on peut déduire de travaux antérieurs et qui ne s'appliquaient qu'aux seuls moûts naturels ; elle donne pourtant des résultats compris entre ceux obtenus par nos devanciers.

On peut dès lors calculer la relation entre D et n :

$$n = 0,365 D + 0,968 \quad [21]$$

$$\text{et } D = 2,74 n - 2,652 \quad [22]$$

Nous avons alors établi une grande table de correspondance entre la densité, le degré Baumé, l'indice de réfraction, la richesse en sucres par litre et par kilogramme. Cette table peut servir de base pour les transactions commerciales sur les moûts concentrés, car elle donne des résultats aussi voisins de la réalité que le permet la variabilité de la nature et de la quantité des matières extractives dans les moûts naturels et concentrés.

Ce tableau a été complété par deux autres indiquant les corrections de température à faire subir à la densité et à l'indice de réfraction.

La mesure de l'indice de réfraction est capable de conduire à une plus grande exactitude que la mesure de la densité.

Dans une deuxième partie nous avons étudié la composition chimique des moûts concentrés.

Après avoir décrit nos méthodes analytiques, nous avons donné les compositions de dix moûts concentrés authentiques d'origines diverses. Nous avons établi le bilan chimique et physico-chimique de la composition minérale de ces produits, qui montre que l'on connaît sensiblement tous les composants minéraux de ces liquides.

L'analyse détaillée de ces moûts nous a montré que les normes proposées par MM. JAULMES et DELGA pour ces produits étaient raisonnables. Tout au plus pouvons-nous demander une tolérance un peu plus grande pour la teneur en fer. La richesse minérale de ces moûts concentrés fait de ces produits un merveilleux aliment reconstituant minéral en particulier par sa richesse en calcium, en phosphates, en fer, en cuivre, en manganèse, magnésium, potassium.

Nous avons ensuite particulièrement étudié l'influence de la neutralisation sur la composition des moûts concentrés.

L'acidité totale diminue beaucoup mais ne devient jamais nulle, sauf si on ajoutait un excès de chaux ; l'acidité totale reste en acide sulfurique par litre aux alentours de 1 g. 5 à 2 g. Le pH ne dépasse pas 5,5-6. La teneur en calcium augmente beaucoup et atteint en moyenne 2 à 3 g. par litre, mais elle peut s'élever jusqu'à 6 g. par litre. La teneur en acide tartrique devient presque nulle. La densité est augmentée de 0,006, l'indice de réfraction de 0,0015 pour un moût de densité normale (1,340) lorsque la teneur en calcium atteint 4 g. 6 par litre.

L'étude du départ de l'anhydride pendant la concentration et la recherche d'un procédé de désulfitage, nous ont ensuite longuement intéressé.

Nous avons observé que la réalisation simultanée des diverses conditions légales était impossible : concentré contenant moins de 0 g. 100 d'anhydride par litre de jus initial, obtenu par concentration à basse température en une seule opération. Nous avons recherché un procédé assez simple pour concentrer les mutés à basse température en chassant suffisamment l'anhydride. Nous avons essayé, soit au laboratoire, soit même dans un atelier de concentration de la région, divers procédés : concentration avec entraînement par la vapeur d'eau à 45°, concentration — à basse température supérieure à 45°, — ébullition sous reflux sous pression réduite, — concentration à 45° en plusieurs phases successives avec repos entre chaque opération, — concentration à 45°, repos puis dilution et reconcen-

tration à 45°, — demi-concentration à 100°, repos puis concentration à 45°. — Tous ces procédés sont susceptibles de donner de bons résultats, mais ils présentent tous des inconvénients sérieux : immobilisation des appareils, frais de chauffage et de main-d'œuvre supplémentaires, appareils mal adaptés aux conditions demandées, et pour les procédés comportant des périodes plus ou moins longues de repos entre les différentes phases, danger d'un départ de la fermentation qui est nuisible à la conservation ultérieure du produit fini.

Si aucun des procédés que nous avons essayés n'est entièrement satisfaisant, plusieurs d'entre eux sont susceptibles d'être adoptés industriellement si on organise en conséquence les appareils de concentration et si le fabricant veut bien se plier à une rigoureuse technique.

APPENDICE

TABLES

et leur mode d'emploi

INSTRUCTIONS SUCCINCTES SUR LA MESURE DE LA DENSITÉ DES MOUTS

Appareils : On devra employer un jeu de densimètres gradués par millièmes (ou grammes par litre) ou d'aréomètres Baumé gradués en degrés et dixièmes de degrés (1). Il faut cinq instruments pour couvrir toute l'échelle des densités allant de 1,000 à 1,500 ou de 0° à 50° Baumé, ces appareils doivent être contrôlés par l'Etat pour pouvoir être utilisés dans les transactions commerciales.

Pour la mesure de la température on utilisera un thermomètre gradué en degrés et demi-degré, allant de 0 à 60° contrôlé par l'Etat.

Mesure : Placer le moût dans une éprouvette assez large pour que l'instrument y flotte librement. Cette éprouvette doit mesurer 36 mm. de diamètre et 320 mm. de haut au minimum pour 200 centimètres cubes environ. L'éprouvette doit être parfaitement propre et sèche, on doit la placer sur une surface bien horizontale. Attendre que les bulles d'air éventuellement produites pendant le remplissage aient disparu. Y placer alors l'aréomètre *parfaitement propre* et sec, tenu par l'extrémité supérieure de la tige avec les doigts propres et secs. Pour éviter que la tige ne soit entièrement mouillée au moment de l'immersion trop brutale de l'instrument, ce qui aurait pour effet

(1) Malgré l'interdiction de l'emploi des degrés Baumé (Décret du 26 juillet 1919), on continue couramment à utiliser ces degrés, car ils sont commodes.

de l'alourdir, on doit soutenir l'aréomètre jusqu'à ce qu'il ait à peu près atteint son point d'équilibre. Lui imprimer alors un très léger mouvement de haut en bas et lui laisser prendre sa position d'équilibre en veillant à ce qu'il ne frotte pas contre les parois de l'éprouvette.

Lorsque l'appareil est tout à fait immobile, on fait la lecture en plaçant l'œil dans le plan horizontal passant par la surface même du liquide (ce qui se dit encore « lire en dessous du ménisque »), pour tous les aréomètres ordinaires pour lesquels aucune indication contraire n'est donnée par le constructeur. Il faut donc lire la graduation de l'appareil *à travers le moût*, qui est généralement fortement coloré, il faut donc être très bien éclairé.

Au contraire, avec les mustimètres, extracto-densimètres Dujardin Salleron, c'est « au sommet du ménisque » qu'il faut lire, c'est-à-dire qu'il faut noter le point de la tige que le moût atteint par capillarité. La lecture se fait alors au-dessus du moût, elle n'est pas gênée par la couleur ou l'opacité du liquide. Tous ces appareils présentent dans leur carène et sur leur étui un petit dessin enlevant toute hésitation quant à leur emploi.

Il est bon de faire plusieurs lectures de densité en déplaçant légèrement l'appareil et le laissant au repos quelques instants entre chaque lecture pour éviter les erreurs dues au contact de la carène de l'aréomètre avec l'éprouvette.

On plonge ensuite le thermomètre et lit la température à un demi-degré près.

Après l'usage, les appareils et éprouvettes sont soigneusement lavés et mis à égoutter, les aréomètres et les thermomètres sont essuyés très soigneusement avec du papier buvard neuf et mis immédiatement dans leur étui.

INSTRUCTIONS SUCCINCTES

SUR LA MESURE DE L'INDICE DE RÉFRACTION

Généralement cet indice est mesuré à l'aide du réfractomètre de ABBE.

Vérification de l'appareil. — Après un nettoyage soigné de l'appareil si cela est nécessaire, on place une goutte d'eau entre les deux prismes et on mesure l'indice n_0 et la température t_0 , en ayant soin de rendre aussi net que possible et incolore la ligne de séparation entre les plages claires et obscures par la manœuvre du compen-

sateur. L'indice est corrigé pour le ramener à 20° par addition ou soustraction du terme correctif donné par la colonne 1,330 du tableau III. Le résultat doit être égal à 1,333.0. Dans le cas contraire, il faut penser que l'appareil est déréglé et tenir compte ultérieurement du petit écart constaté.

Mesure. — Essuyer soigneusement les prismes, placer une goutte de moût entre ceux-ci et mesurer l'indice n à la température t° , l'indice lu est corrigé pour le ramener à 20° de température par addition ou soustraction du terme correctif donné par la colonne convenable du tableau III (voir plus loin la manière de faire cette correction).

On nettoie soigneusement l'appareil après usage en lavant les prismes avec un linge fin humide, puis avec un linge fin sec.

CORRECTIONS DE TEMPÉRATURES ET MODE D'EMPLOI DES TABLES

1° DENSITÉ. — Il convient d'abord de corriger la densité lue à t° pour la ramener à 15° en ajoutant à la troisième décimale de cette densité la correction indiquée au tableau II. Cette correction est additive si t est supérieur à 15° , soustractive si t est inférieur à 15° .

Se reportant à la table I, on lit ensuite la teneur en sucres en grammes par litre ou en grammes par kilogramme.

Le plus souvent, la densité trouvée et corrigée comporte un chiffre significatif de plus que la table ; on peut, pour augmenter la précision, ajouter au poids de sucres donné par la table un « supplément proportionnel » calculé en multipliant la « différence » tabulaire par la différence entre la densité trouvée et la densité lue sur le tableau.

Un exemple fera mieux comprendre ce mode de calcul très simple :

Exemple :

Soit 1,2948 la densité lue à 23° de température.

La table II indique que pour la densité la plus voisine 1,30, la correction est de 4.4 unités du troisième ordre décimal.

La densité à 15° est :

$$\begin{array}{r} 1,294.8 \\ + 4.4 \\ \hline 1,299.2 \end{array}$$

Se reportant à la table I, on voit que la teneur en sucres pour la densité la plus voisine 1,299 est 718,5 en grammes par litre et 553,1 en grammes par kilogramme.

On peut se contenter de cette précision en négligeant la différence 0,2, mais il vaut mieux augmenter l'exactitude en ajoutant le « supplément proportionnel » calculé en multipliant 1,299.2 — 1,299.0 = 0,2 par la différence tabulaire 2,5 :

$$0,2 \times 2,5 = 0,5$$

qui ajouté à 718,5 donne pour la teneur en grammes par litre le nombre 719,0.

La différence tabulaire pour les teneurs en grammes par kilo est de 1,5. Le supplément proportionnel sera donc $0,2 \times 1,5 = 0,3$ qu'il faut ajouter à 553,1. La teneur en grammes par kilo est donc de $553,1 + 0,3 = 553,4$.

On observe également que le degré Baumé correspondant est de 33°2 et que l'indice de réfraction probable est 1,4421 + le supplément proportionnel égal à $0,2 \times 4 = 0,8$. Ce supplément proportionnel doit être ajouté à la quatrième décimale de l'indice ; l'indice ainsi calculé est égal à 1,44218, soit 1,4422 chiffre arrondi le plus voisin.

2° DEGRÉ BAUMÉ. — Si la densité a été mesurée avec un aréomètre BAUMÉ, on effectuera la correction de température à l'aide du Tableau IV.

On remarquera que par une curieuse compensation de deux effets inverses, la correction de température varie très peu avec la teneur en sucres. Aussi ce tableau est-il beaucoup plus simple que le Tableau II.

Exemple :

Degré Baumé lu 24° à la température de 32°.

Correction : 0,8.

Degré Baumé à la température de 15° :

$$24 + 0,8 = 24,8.$$

Sucres déduits : 495,6 g/l. ou 410,2 g/kg.

Densité correspondante 1,208 — indice probable 1,4089.

3° INDICE DE RÉFRACTION. — Il convient de ramener à 20° l'indice lu à t°. Pour cela, on ajoute à la troisième décimale de l'indice lu la correction trouvée au tableau III.

Se reportant à la table I, on lit ensuite la teneur en sucres en grammes par litre ou en grammes par kilogramme.

Le plus souvent, l'indice ainsi corrigé se situe entre deux chiffres consécutifs de la colonne 3 du tableau I. Il convient d'ajouter aux teneurs en sucres ainsi déterminées un « supplément proportionnel » calculé par interpolation.

Exemple :

Soit l'indice 1,4683 lu à 29°.

Le tableau III indique que pour un moût dont $n = 1,470$, la correction sur la troisième décimale est de 2,1. L'indice à 20° est donc égal à $1,468,3 + 2,1 = 1,470,4$.

La table I nous montre que pour un indice de 1,4702 la teneur en sucres est de 907,2 grammes par litre ou 659,3 grammes par kilog, mais il reste deux unités du quatrième ordre décimal, soit la moitié de la différence tabulaire 4. Il faut donc ajouter à ces teneurs la moitié des différences tabulaires, soit $2,4 : 2 = 1,2$ pour les teneurs en grammes par litre et $1,3 : 2 = 0,6$ pour les teneurs en grammes par kilog.

Les teneurs ainsi calculées sont alors :

$$907,2 + 1,2 = 908,4 \text{ g/litre,}$$

$$659,3 + 0,6 = 659,9 \text{ g/kilog.}$$

On observe également que la densité correspondant à l'indice mesuré est de 1,3765 et le degré Baumé correspondant 39°4.

4° INDICE DE RÉFRACTION MESURÉ AVEC LE PETIT RÉFRACTOMÈTRE DE POCHE DE ZEISS. — Ce petit appareil assez répandu est gradué non en indice de réfraction, mais en grammes de saccharose pour 100 grammes de solution.

Nous avons pensé que leurs possesseurs seraient heureux de pouvoir l'utiliser pour connaître la teneur en sucres des moûts de raisins. Nous avons donc établi une table V qui donne l'indice de réfraction exprimé en grammes de saccharose pour 100 grammes, l'indice de réfraction correspondant d'après la table du *Mémento du Chimiste* ⁽¹⁾ (correspondance dont nous avons vérifié l'exactitude), et les teneurs en sucres en grammes par litre calculées par la formule de BOUFFARD, le graphique de Mlle LAMAZOU-BETBEDER, ou déduites du tableau I. Cette table indique également la teneur en sucres en grammes par kilogramme lue sur ce tableau I. Il est facile d'interpoler grâce aux colonnes de « différences tabulaires ».

5° CORRECTIONS NÉCESSITÉES PAR LES CORPS DISSOUS ÉTRANGERS.

a) *Alcool* : Les mutés et moûts concentrés contiennent quelquefois de petites quantités d'alcool dues à un début de fermentation. Cet

⁽¹⁾ BOLL et BAUD. — *Mémento du chimiste*, I, 1942, p. 444. Dunod, Paris.

alcool *diminue* la densité et *augmente* l'indice. On peut chasser cet alcool en chauffant sur un bain-marie bouillant un volume déterminé de muté ou de moût concentré placé dans une grande capsule pour que la surface évaporatrice soit importante. En deux heures alcool et anhydride sulfureux sont chassés, il suffit, après refroidissement, de ramener très exactement au volume initial (ou au poids initial) par addition d'eau pure.

On peut aussi bien, si on a dosé cet alcool, corriger la densité en ajoutant à la troisième décimale de la densité 1.56 pour 1° d'alcool, c'est-à-dire 0.20 pour 1 gramme d'alcool par litre.

La correction à faire subir à l'indice de réfraction s'élève à 0,48 pour 1° d'alcool, facteur qu'il faut retrancher à la troisième décimale de l'indice ; si l'alcool est exprimé en grammes par litre il faut retrancher 0,06 de la troisième décimale par gramme d'alcool par litre.

b) *Anhydride sulfureux* : L'anhydride sulfureux augmente la densité et l'indice de réfraction.

Il est préférable de le chasser lorsqu'il est abondant comme dans le cas d'un muté. Il suffit pour cela de faire bouillir le muté pendant un quart d'heure et de ramener après refroidissement au volume (ou au poids initial), ou bien opérer au bain-marie comme pour chasser l'alcool.

Si l'on veut s'éviter cette manipulation, il convient de corriger la densité en sachant que 1 gramme d'anhydride par litre augmente la troisième décimale de la densité de 0.4. Cette quantité d'anhydride augmente la troisième décimale de l'indice de réfraction de 0.08.

Dans le cas des moûts concentrés normaux, ces deux corrections sont négligeables, alcool et SO_2 étant trop peu abondants.

c) *Neutralisation* : Les moûts concentrés neutralisés à la chaux ou au carbonate de calcium restent généralement riches en calcium, or ce corps augmente la densité et l'indice de réfraction. Pour un moût concentré de $D = 1,34$ (36° Baumé), il faut retrancher 6 unités à la troisième décimale de la densité ou 1,5 à la troisième décimale de l'indice de réfraction. Cette correction doit être calculée proportionnellement à $(D - 1)$ ou $(n - 1,333)$ pour les moûts plus riches ou plus pauvres.

REMARQUES SUR LA TABLE I (TABLE GÉNÉRALE)

1^o Les degrés Baumé n'ont été calculés qu'avec une seule décimale puisque pratiquement on ne donne jamais ce degré avec une précision supérieure. Densité D et degré Baumé B sont reliés par la relation officielle $B = 144,32 (1 - 1/D)$.

2^o Les indices de réfraction ont été mesurés à 20° en lumière blanche, le compensateur étant réglé pour que la ligne de séparation entre les plages claires et obscures soit nette et incolore. L'indice ainsi mesuré est l'indice pour la raie D du sodium (5.890 UA) par rapport à l'air et à 20° de température.

3^o La teneur en sucres par litre a été calculée par la formule expérimentale :

$$p' = 2.450 (D - 1) - 14$$

La relation entre p' et n' que nous avons trouvée expérimentalement étant elle aussi linéaire ($p' = 6.712 (n' - 1,3351)$), les indices de réfraction ont été calculés par rapport à la densité par la relation déduite des deux valeurs de p' :

$$n' = 0,365 D + 0,968$$

4^o Dans les colonnes intitulées « différences », nous avons indiqué les différences entre le chiffre considéré et celui de la ligne *précédente*.

Les différences entre les indices de réfraction successifs sont relatives à la quatrième décimale de ces indices. Théoriquement cette différence est constante et égale à 3,65. L'indice n'étant donné qu'avec quatre décimales, la quatrième décimale a été arrondie au chiffre immédiatement voisin et les différences sont tantôt 3 tantôt 4.

Les différences entre les teneurs en grammes par litre successives sont théoriquement de 2,45 ; ces teneurs n'étant données qu'avec une seule décimale arrondie au chiffre immédiatement voisin, ces différences sont tantôt 2,4 tantôt 2,5.

5^o Nous n'avons pas cru devoir indiquer dans notre tableau le *degré alcoolique correspondant à la teneur en sucres*, car la transformation des sucres en alcool n'est pas mathématique. La levure consomme de 16 grammes 5 à 18 grammes de sucres par litre pour

produire un degré d'alcool, ce rendement dépendant de la race de la levure et des conditions de la fermentation. D'ailleurs, pour les moûts titrant plus de 250 grammes par litre, cette transformation serait purement conventionnelle et arbitraire puisque les levures alcooliques cessent de travailler au-dessus de 15° d'alcool.

Ceux qui voudront, malgré cela, évaluer le degré alcoolique probable de leur moût n'auront qu'à diviser la teneur en sucres en grammes par litre par 17, chiffre conventionnel (mais admis par beaucoup d'auteurs). La Régie et le service des Douanes ont adopté une base de transformation plus large : 18.

Exemple : un moût de densité 1,216 (soit 16°1 Baumé) contient 294 grammes 7 de sucres par litre. Le degré alcoolique correspondant serait de $294,7 : 17 = 17^{\circ}3$ d'après la plupart des auteurs ; au contraire, la Régie admettrait (pour l'établissement des taxes) que le degré alcoolique serait de $294,7 : 18 = 16^{\circ}4$. On peut considérer que 17°3 est le degré alcoolique probable, 16°4 le degré alcoolique minimum.

Dans toute transaction commerciale ayant pour base le degré alcoolique en puissance correspondant à la teneur en sucres, il faut donc nécessairement indiquer suivant quelles bases de transformations 17 ou 18 ce degré alcoolique doit être calculé. Il est souhaitable que les décrets fixant le prix du vin précisent également le prix des mutés en indiquant sur quelle base doit être calculé le degré alcoolique en puissance.

TABLEAU I

Densité, degré Baumé, indices de réfraction et teneurs moyennes
en sucres des moûts naturels et concentrés

Densité à 15° par rapport à l'eau à 15°	Degré Baumé correspondant	Indice de réfraction à 20° pour la raie D	Différences sur la 4 ^e décimale	Teneur en sucres en grammes par litre	Différences	Teneur en sucres en grammes par kg.	Différences
1.000	0.0	1.3330		0.0		0.0	
1.040	5.5	1.3476		84.0		80.8	
1.041	5.7	1.3480	4	86.4	2.4	83.0	2.2
1.042	5.8	1.3483	3	88.9	2.5	85.3	2.3
1.043	5.9	1.3487	4	91.3	2.4	87.5	2.2
1.044	6.1	1.3491	4	93.8	2.5	89.8	2.3
1.045	6.2	1.3494	3	96.2	2.4	92.1	2.3
1.046	6.3	1.3498	4	98.7	2.5	94.4	2.3
1.047	6.5	1.3502	4	101.1	2.4	96.6	2.2
1.048	6.6	1.3505	3	103.6	2.5	98.9	2.2
1.049	6.7	1.3509	4	106.0	2.4	101.0	2.2
1.050	6.9	1.3512	3	108.5	2.5	103.3	2.3
1.051	7.0	1.3516	4	110.9	2.4	105.5	2.2
1.052	7.1	1.3520	4	113.4	2.5	107.8	2.3
1.053	7.3	1.3523	3	115.8	2.4	110.0	2.2
1.054	7.4	1.3527	4	118.3	2.5	112.2	2.2
1.055	7.5	1.3531	4	120.7	2.4	114.4	2.2
1.056	7.6	1.3534	3	123.2	2.5	116.7	2.3
1.057	7.8	1.3538	4	125.6	2.4	118.9	2.2
1.058	7.9	1.3542	4	128.1	2.5	121.1	2.2
1.059	8.0	1.3545	3	130.5	2.4	123.3	2.2
1.060	8.2	1.3549	4	133.0	2.5	125.5	2.2
1.061	8.3	1.3553	4	135.4	2.4	127.6	2.1
1.062	8.4	1.3556	3	137.9	2.5	129.8	2.2
1.063	8.5	1.3560	4	140.3	2.4	132.0	2.2
1.064	8.7	1.3564	4	142.8	2.5	134.2	2.2
1.065	8.8	1.3567	3	145.2	2.4	136.4	2.2
1.066	8.9	1.3571	4	147.7	2.5	138.6	2.2
1.067	9.1	1.3575	4	150.1	2.4	140.7	2.1
1.068	9.2	1.3578	3	152.6	2.5	142.9	2.2
1.069	9.3	1.3582	4	155.0	2.4	145.0	2.1
1.070	9.4	1.3585	3	157.5	2.5	147.2	2.2
1.071	9.6	1.3589	4	159.9	2.4	149.3	2.1
1.072	9.7	1.3593	4	162.4	2.5	151.5	2.2
1.073	9.8	1.3596	3	164.8	2.4	153.6	2.1

Densité à 15° par rapport à l'eau à 15°	Degré Baumé correspondant	Indice de réfraction à 20° pour la raie D	Différences sur la 4 ^e décimale	Teneur en sucres en grammes par litre	Différences	Teneur en sucres en grammes par kg.	Différences
1.074	9.9	1.3600	4	167.3	2.5	155.8	2.2
1.075	10.1	1.3604	4	169.7	2.4	157.9	2.1
1.076	10.2	1.3607	3	172.2	2.5	160.0	2.1
1.077	10.3	1.3611	4	174.6	2.4	162.1	2.1
1.078	10.4	1.3615	4	177.1	2.5	164.3	2.2
1.079	10.6	1.3618	3	179.5	2.4	166.4	2.1
1.080	10.7	1.3622	4	182.0	2.5	168.5	2.1
1.081	10.8	1.3626	4	184.4	2.4	170.6	2.1
1.082	10.9	1.3629	3	186.9	2.5	172.7	2.1
1.083	11.0	1.3633	4	189.3	2.4	174.8	2.1
1.084	11.2	1.3637	4	191.8	2.5	176.9	2.1
1.085	11.3	1.3640	3	194.2	2.4	179.0	2.1
1.086	11.4	1.3644	4	196.7	2.5	181.1	2.1
1.087	11.5	1.3648	4	199.1	2.4	183.2	2.1
1.088	11.7	1.3651	3	201.6	2.5	185.3	2.1
1.089	11.8	1.3655	4	204.0	2.4	187.3	2.0
1.090	11.9	1.3658	3	206.5	2.5	189.4	2.1
1.091	12.0	1.3662	4	208.9	2.4	191.5	2.1
1.092	12.1	1.3666	4	211.4	2.5	193.6	2.1
1.093	12.3	1.3669	3	213.8	2.4	195.6	2.0
1.094	12.4	1.3673	4	216.3	2.5	197.7	2.1
1.095	12.5	1.3677	4	218.7	2.4	199.7	2.0
1.096	12.6	1.3680	3	221.2	2.5	201.8	2.1
1.097	12.8	1.3684	4	223.6	2.4	203.9	2.1
1.098	12.9	1.3688	4	226.1	2.5	205.9	2.0
1.099	13.0	1.3691	3	228.5	2.4	207.9	2.0
1.100	13.1	1.3695	4	231.0	2.5	210.0	2.1
1.101	13.2	1.3699	4	233.4	2.4	212.0	2.0
1.102	13.3	1.3702	3	235.9	2.5	214.1	2.1
1.103	13.5	1.3706	4	238.3	2.4	216.1	2.0
1.104	13.6	1.3710	4	240.8	2.5	218.1	2.0
1.105	13.7	1.3713	3	243.2	2.4	220.1	2.0
1.106	13.8	1.3716	3	245.7	2.5	222.1	2.0
1.107	13.9	1.3720	4	248.1	2.4	224.1	2.0
1.108	14.0	1.3724	4	250.6	2.5	226.1	2.0
1.109	14.2	1.3728	4	253.0	2.4	228.1	2.0
1.110	14.3	1.3731	3	255.5	2.5	230.1	2.0

Densité à 15° par rapport à l'eau à 15°	Degré Baumé correspondant	Indice de réfraction à 20° pour la raie D	Différences sur la 4 ^e décimale	Teneur en sucres en grammes par litre	Différences	Teneur en sucres en grammes par kg.	Différences
1.111	14.4	1.3735	4	257.9	2.4	232.1	2.0
1.112	14.5	1.3739	4	260.4	2.5	234.1	2.0
1.113	14.6	1.3742	3	262.8	2.4	236.1	2.0
1.114	14.7	1.3746	4	265.3	2.5	238.1	2.0
1.115	14.9	1.3750	4	267.7	2.4	240.1	2.0
1.116	15.0	1.3754	4	270.2	2.5	242.1	2.0
1.117	15.1	1.3757	3	272.6	2.4	244.1	2.0
1.118	15.2	1.3761	4	275.1	2.5	246.0	1.9
1.119	15.3	1.3764	3	277.5	2.4	248.0	2.0
1.120	15.5	1.3768	4	280.0	2.5	250.0	2.0
1.121	15.6	1.3772	4	282.4	2.4	251.9	1.9
1.122	15.7	1.3775	3	284.9	2.5	253.9	2.0
1.123	15.8	1.3779	4	287.3	2.4	255.8	1.9
1.124	15.9	1.3783	4	289.8	2.5	257.8	2.0
1.125	16.0	1.3786	3	292.2	2.4	259.7	1.9
1.126	16.1	1.3790	4	294.7	2.5	261.7	2.0
1.127	16.3	1.3793	3	297.1	2.4	263.6	1.9
1.128	16.4	1.3797	4	299.6	2.5	265.6	2.0
1.129	16.5	1.3801	4	302.0	2.4	267.5	1.9
1.130	16.6	1.3804	3	304.5	2.5	269.5	2.0
1.131	16.7	1.3808	4	306.9	2.4	271.4	1.9
1.132	16.8	1.3812	4	309.4	2.5	273.3	1.9
1.133	16.9	1.3815	3	311.8	2.4	275.2	1.9
1.134	17.0	1.3819	4	314.3	2.5	277.2	2.0
1.135	17.2	1.3823	4	316.7	2.4	279.1	1.9
1.136	17.3	1.3826	3	319.2	2.5	281.0	1.9
1.137	17.4	1.3830	4	321.6	2.4	282.9	1.9
1.138	17.5	1.3834	4	324.1	2.5	284.8	1.9
1.139	17.6	1.3837	3	326.5	2.4	286.7	1.9
1.140	17.7	1.3841	4	329.0	2.5	288.6	1.9
1.141	17.8	1.3845	4	331.4	2.4	290.4	1.8
1.142	17.9	1.3848	3	333.9	2.5	292.3	1.9
1.143	18.0	1.3852	4	336.3	2.4	294.2	1.9
1.144	18.2	1.3856	4	338.8	2.5	296.1	1.9
1.145	18.3	1.3859	3	341.2	2.4	298.0	1.9
1.146	18.4	1.3863	4	343.7	2.5	299.9	1.9
1.147	18.5	1.3867	4	346.1	2.4	301.8	1.9

Densité à 15° par rapport à l'eau à 15°	Degré Baumé correspondant	Indice de réfraction à 20° pour la raie D	Différences sur la 4 ^e décimale	Teneur en sucres en grammes par litre	Différences	Teneur en sucres en grammes par kg.	Différences
1.148	18.6	1.3780	3	348.6	2.5	303.7	1.9
1.149	18.7	1.3874	4	351.0	2.4	305.5	1.8
1.150	18.8	1.3877	3	353.5	2.5	307.4	1.9
1.151	18.9	1.3881	4	355.9	2.4	309.2	1.8
1.152	19.0	1.3885	4	358.4	2.5	311.1	1.9
1.153	19.1	1.3888	3	360.8	2.4	312.9	1.8
1.154	19.2	1.3892	4	363.3	2.5	314.8	1.9
1.155	19.4	1.3896	4	365.7	2.4	316.6	1.8
1.156	19.5	1.3899	3	368.2	2.5	318.5	1.9
1.157	19.6	1.3903	4	370.6	2.4	320.3	1.8
1.158	19.7	1.3907	4	373.1	2.5	322.2	1.9
1.159	19.8	1.3910	3	375.5	2.4	324.0	1.8
1.160	19.9	1.3914	4	378.0	2.5	325.9	1.9
1.161	20.0	1.3918	4	380.4	2.4	327.7	1.8
1.162	20.1	1.3921	3	382.9	2.5	329.5	1.8
1.163	20.2	1.3925	4	385.3	2.4	331.3	1.8
1.164	20.3	1.3929	4	387.8	2.5	333.1	1.8
1.165	20.4	1.3932	3	390.2	2.4	334.9	1.8
1.166	20.5	1.3936	4	392.7	2.5	336.8	1.9
1.167	20.6	1.3940	4	395.1	2.4	338.6	1.8
1.168	20.7	1.3943	3	397.6	2.5	340.4	1.8
1.169	20.9	1.3947	4	400.0	2.4	342.2	1.8
1.170	21.0	1.3950	3	402.5	2.5	344.0	1.8
1.171	21.1	1.3954	4	404.9	2.4	345.8	1.8
1.172	21.2	1.3958	4	407.4	2.5	347.6	1.8
1.173	21.3	1.3961	3	409.8	2.4	349.4	1.8
1.174	21.4	1.3965	4	412.3	2.5	351.2	1.8
1.175	21.5	1.3969	4	414.7	2.4	353.0	1.8
1.176	21.6	1.3972	3	417.2	2.5	354.8	1.8
1.177	21.7	1.3976	4	419.6	2.4	356.5	1.7
1.178	21.8	1.3980	4	422.1	2.5	358.3	1.8
1.179	21.9	1.3983	3	424.5	2.4	360.1	1.8
1.180	22.0	1.3987	4	427.0	2.5	361.9	1.8
1.181	22.1	1.3991	4	429.4	2.4	363.6	1.7
1.182	22.2	1.3994	3	431.9	2.5	365.4	1.8
1.183	22.3	1.3998	4	434.3	2.4	367.1	1.7
1.184	22.4	1.4002	4	436.8	2.5	368.9	1.8

Densité à 15° par rapport à l'eau à 15°	Degré Baumé correspondant	Indice de réfraction à 20° pour la raie D	Différences sur la 4 ^e décimale	Teneur en sucres en grammes par litre	Différences	Teneur en sucres en grammes par kg.	Différences
1.185	22.5	1.4005	3	439.2	2.4	370.6	1.7
1.186	22.6	1.4009	4	441.7	2.5	372.3	1.7
1.187	22.7	1.4012	3	444.1	2.4	374.1	1.8
1.188	22.8	1.4016	4	446.6	2.5	375.9	1.8
1.189	22.9	1.4020	4	449.0	2.4	377.6	1.7
1.190	23.0	1.4023	3	451.5	2.5	379.4	1.8
1.191	23.1	1.4027	4	453.9	2.4	381.1	1.7
1.192	23.2	1.4031	4	456.4	2.5	382.9	1.8
1.193	23.3	1.4034	3	458.8	2.4	384.6	1.7
1.194	23.4	1.4038	4	461.3	2.5	386.3	1.7
1.195	23.5	1.4042	4	463.7	2.4	388.0	1.7
1.196	23.6	1.4045	3	466.2	2.5	389.8	1.8
1.197	23.7	1.4049	4	468.6	2.4	391.5	1.7
1.198	23.8	1.4053	4	471.1	2.5	393.2	1.7
1.199	23.9	1.4056	3	473.5	2.4	394.9	1.7
1.200	24.0	1.4060	4	476.0	2.5	396.6	1.7
1.201	24.1	1.4064	4	478.4	2.4	398.3	1.7
1.202	24.2	1.4067	3	480.9	2.5	400.0	1.7
1.203	24.4	1.4071	4	483.3	2.4	401.7	1.7
1.204	24.5	1.4075	4	485.8	2.5	403.4	1.7
1.205	24.6	1.4078	3	488.2	2.4	405.1	1.7
1.206	24.6	1.4082	4	490.7	2.5	406.8	1.7
1.207	24.7	1.4086	4	493.1	2.4	408.5	1.7
1.208	24.8	1.4089	3	495.6	2.5	410.2	1.7
1.209	24.9	1.4093	4	498.0	2.4	411.9	1.7
1.210	25.0	1.4096	4	500.5	2.5	413.6	1.7
1.211	25.1	1.4100	4	502.9	2.4	415.3	1.7
1.212	25.2	1.4104	4	505.4	2.5	417.0	1.7
1.213	25.3	1.4107	3	507.8	2.4	418.6	1.6
1.214	25.4	1.4111	4	510.3	2.5	420.3	1.7
1.215	25.5	1.4115	4	512.7	2.4	422.0	1.7
1.216	25.6	1.4118	3	515.2	2.5	423.7	1.7
1.217	25.7	1.4122	4	517.6	2.4	425.3	1.6
1.218	25.8	1.4126	4	520.1	2.5	427.0	1.7
1.219	25.9	1.4129	3	522.5	2.4	428.6	1.6
1.220	26.0	1.4133	4	525.0	2.5	430.3	1.7

Densité à 15° par rapport à l'eau à 15°	Degré Baumé correspondant	Indice de réfraction à 20° pour la raie D	Différences sur la 4 ^e décimale	Teneur en sucres en grammes par litre	Différences	Teneur en sucres en grammes par kg.	Différences
1.221	26.1	1.4137	4	527.4	2.4	431.9	1.6
1.222	26.2	1.4140	3	529.9	2.5	433.6	1.7
1.223	26.3	1.4144	4	532.3	2.4	435.2	1.6
1.224	26.4	1.4148	4	534.8	2.5	436.9	1.7
1.225	26.5	1.4151	3	537.2	2.4	438.5	1.6
1.226	26.6	1.4155	4	539.7	2.5	440.2	1.7
1.227	26.7	1.4159	4	542.1	2.4	441.8	1.6
1.228	26.8	1.4162	3	544.6	2.5	443.5	1.7
1.229	26.9	1.4166	4	547.0	2.4	445.1	1.6
1.230	27.0	1.4169	3	549.5	2.5	446.7	1.6
1.231	27.1	1.4173	4	551.9	2.4	448.3	1.6
1.232	27.2	1.4177	4	554.4	2.5	450.0	1.7
1.233	27.3	1.4180	3	556.8	2.4	451.6	1.6
1.234	27.4	1.4184	4	559.3	2.5	453.2	1.6
1.235	27.5	1.4188	4	561.7	2.4	454.8	1.6
1.236	27.6	1.4191	3	564.2	2.5	456.4	1.6
1.237	27.6	1.4195	4	566.6	2.4	458.0	1.6
1.238	27.7	1.4199	4	569.1	2.5	459.6	1.6
1.239	27.8	1.4202	3	571.5	2.4	461.2	1.6
1.240	27.9	1.4206	4	574.0	2.5	462.9	1.7
1.241	28.0	1.4210	4	576.4	2.4	464.5	1.6
1.242	28.1	1.4213	3	578.9	2.5	466.1	1.6
1.243	28.2	1.4217	4	581.3	2.4	467.7	1.6
1.244	28.3	1.4221	4	583.8	2.5	469.3	1.6
1.245	28.4	1.4224	3	586.2	2.4	470.9	1.6
1.246	28.5	1.4228	4	588.7	2.5	472.5	1.6
1.247	28.6	1.4232	4	591.1	2.4	474.0	1.5
1.248	28.7	1.4235	3	593.6	2.5	475.6	1.6
1.249	28.8	1.4239	4	596.0	2.4	477.2	1.6
1.250	28.9	1.4242	3	598.5	2.5	478.8	1.6
1.251	29.0	1.4246	4	600.9	2.4	480.3	1.5
1.252	29.0	1.4250	4	603.4	2.5	481.9	1.6
1.253	29.1	1.4253	3	605.8	2.4	483.5	1.6
1.254	29.2	1.4257	4	608.3	2.5	485.1	1.6
1.255	29.3	1.4261	4	610.7	2.4	486.6	1.5
1.256	29.4	1.4264	3	613.2	2.5	488.2	1.6
1.257	29.5	1.4268	4	615.6	2.4	489.7	1.5

Densité à 15° par rapport à l'eau à 15°	Degré Baumé correspondant	Indice de réfraction à 20° pour la raie D	Différences sur la 4 ^e décimale	Teneur en sucres en grammes par litre	Différences	Teneur en sucres en grammes par kg.	Différences
1.258	29.6	1.4272	4	18.1	2.5	491.3	1.6
1.259	29.7	1.4275	3	620.5	2.4	492.8	1.5
1.260	29.8	1.4279	4	623.0	2.5	494.4	1.6
1.261	29.9	1.4283	4	625.4	2.4	495.9	1.5
1.262	30.0	1.4286	3	627.9	2.5	497.5	1.6
1.263	30.0	1.4290	4	630.3	2.4	499.0	1.5
1.264	30.1	1.4294	4	632.8	2.5	500.6	1.6
1.265	30.2	1.4297	3	635.2	2.4	502.1	1.5
1.266	30.3	1.4301	4	637.7	2.5	503.7	1.6
1.267	30.4	1.4305	4	640.1	2.4	505.2	1.5
1.268	30.5	1.4308	3	642.6	2.5	506.8	1.6
1.269	30.6	1.4312	4	645.0	2.4	508.3	1.5
1.270	30.9	1.4316	4	647.5	2.5	509.8	1.5
1.271	30.8	1.4319	3	649.9	2.4	511.3	1.5
1.272	30.9	1.4323	4	652.4	2.5	512.9	1.6
1.273	30.9	1.4326	3	654.8	2.4	514.4	1.5
1.274	31.0	1.4330	4	657.3	2.5	515.9	1.5
1.275	31.1	1.4334	4	659.7	2.4	517.4	1.5
1.276	31.2	1.4337	3	662.2	2.5	518.9	1.5
1.277	31.2	1.4341	4	664.6	2.4	520.4	1.5
1.278	31.4	1.4345	4	667.1	2.5	521.9	1.5
1.279	31.5	1.4348	3	669.5	2.4	523.4	1.5
1.280	31.6	1.4352	4	672.0	2.5	525.0	1.6
1.281	31.7	1.4356	4	674.4	2.4	526.5	1.5
1.282	31.7	1.4359	3	676.9	2.5	528.0	1.5
1.283	31.8	1.4363	4	679.3	2.4	529.5	1.5
1.284	31.9	1.4367	4	681.8	2.5	531.0	1.5
1.285	32.0	1.4370	3	684.2	2.4	532.5	1.5
1.286	32.1	1.4374	4	686.7	2.5	534.0	1.5
1.287	32.2	1.4378	4	689.1	2.4	535.4	1.4
1.288	32.3	1.4381	3	691.6	2.5	536.9	1.5
1.289	32.4	1.4385	4	694.0	2.4	538.4	1.5
1.290	32.4	1.4388	3	696.5	2.5	539.9	1.5
1.291	32.5	1.4392	4	698.9	2.4	541.4	1.5
1.292	32.6	1.4396	4	701.4	2.5	542.9	1.5
1.293	32.7	1.4399	3	703.8	2.4	544.3	1.4
1.294	32.8	1.4403	4	706.3	2.5	545.8	1.5

Densité à 15° par rapport à l'eau à 15°	Degré Baumé correspondant	Indice de réfraction à 20° pour la raie D	Différences sur la 4 ^e décimale	Teneur en sucres en grammes par litre	Différences	Teneur en sucres en grammes par kg.	Différences
1.295	32.9	1.4407	4	708.7	2.4	547.2	1.4
1.296	33.0	1.4410	3	711.2	2.5	548.7	1.5
1.297	33.0	1.4414	4	713.6	2.4	550.2	1.5
1.298	33.1	1.4418	4	716.1	2.5	551.7	1.5
1.299	33.2	1.4421	3	718.5	2.4	553.1	1.4
1.300	33.3	1.4425	4	721.0	2.5	554.6	1.5
1.301	33.4	1.4429	4	723.4	2.4	556.0	1.4
1.302	33.5	1.4432	3	725.9	2.5	557.5	1.5
1.303	33.6	1.4436	4	728.3	2.4	558.9	1.4
1.304	33.6	1.4440	4	730.8	2.5	560.4	1.5
1.305	33.7	1.4443	3	733.2	2.4	561.8	1.4
1.306	33.8	1.4447	4	735.7	2.5	563.3	1.5
1.307	33.9	1.4451	4	738.1	2.4	564.7	1.4
1.308	34.0	1.4454	3	740.6	2.5	566.2	1.5
1.309	34.1	1.4458	4	743.0	2.4	567.6	1.4
1.310	34.2	1.4461	3	745.5	2.5	569.1	1.5
1.311	34.2	1.4465	4	747.9	2.4	570.5	1.4
1.312	34.3	1.4469	4	750.4	2.5	571.9	1.4
1.313	34.4	1.4472	3	752.8	2.4	573.3	1.4
1.314	34.5	1.4476	4	755.3	2.5	574.8	1.5
1.315	34.6	1.4480	4	757.7	2.4	576.2	1.4
1.316	34.7	1.4483	3	760.2	2.5	577.6	1.4
1.317	34.7	1.4487	4	762.6	2.4	579.0	1.4
1.318	34.8	1.4491	4	765.1	2.5	580.5	1.5
1.319	34.9	1.4494	3	767.5	2.4	581.9	1.4
1.320	35.0	1.4498	4	770.0	2.5	583.3	1.4
1.321	35.1	1.4502	4	772.4	2.4	584.7	1.4
1.322	35.1	1.4505	3	774.9	2.5	586.1	1.4
1.323	35.2	1.4509	4	777.3	2.4	587.5	1.4
1.324	35.3	1.4513	4	779.8	2.5	588.9	1.4
1.325	35.4	1.4516	3	782.2	2.4	590.3	1.4
1.326	35.5	1.4520	4	784.7	2.5	591.8	1.5
1.327	35.6	1.4524	4	787.1	2.4	593.2	1.4
1.328	35.6	1.4527	3	789.6	2.5	594.6	1.4
1.329	35.7	1.4531	4	792.0	2.4	595.9	1.3
1.330	35.8	1.4534	3	794.5	2.5	597.3	1.4

Densité à 15° par rapport à l'eau à 15°	Degré Baumé correspondant	Indice de réfraction à 20° pour la raie D	Différences sur la 4 ^e décimale	Teneur en sucres en grammes par litre	Différences	Teneur en sucres en grammes par kg.	Différences
1.331	35.9	1.4538	4	796.9	2.4	598.7	1.4
1.332	36.0	1.4542	4	799.4	2.5	600.1	1.4
1.333	36.0	1.4545	3	801.8	2.4	601.5	1.4
1.334	36.1	1.4549	4	804.3	2.5	602.9	1.4
1.335	36.2	1.4553	4	806.7	2.4	604.3	1.4
1.336	36.3	1.4556	3	809.2	2.5	605.7	1.4
1.337	36.4	1.4560	4	811.6	2.4	607.0	1.3
1.338	36.4	1.4564	4	814.1	2.5	608.4	1.4
1.339	36.5	1.4567	3	816.5	2.4	609.8	1.4
1.340	36.6	1.4571	4	819.0	2.5	611.1	1.3
1.341	36.7	1.4575	4	821.4	2.4	612.5	1.4
1.342	36.8	1.4578	3	823.9	2.5	613.9	1.4
1.343	36.9	1.4582	4	826.3	2.4	615.2	1.3
1.344	36.9	1.4586	4	828.8	2.5	616.6	1.4
1.345	37.0	1.4589	3	831.2	2.4	618.0	1.4
1.346	37.1	1.4593	4	833.7	2.5	619.4	1.4
1.347	37.2	1.4597	4	836.1	2.4	620.7	1.3
1.348	37.3	1.4600	3	838.6	2.5	622.1	1.4
1.349	37.3	1.4604	4	841.0	2.4	623.4	1.3
1.350	37.4	1.4607	4	843.5	2.5	624.8	1.4
1.351	37.5	1.4611	4	845.9	2.4	626.1	1.3
1.352	37.6	1.4615	4	848.4	2.5	627.5	1.4
1.353	37.6	1.4618	3	850.8	2.4	628.8	1.3
1.354	37.7	1.4622	4	853.3	2.5	630.2	1.4
1.355	37.8	1.4626	4	855.7	2.4	631.5	1.3
1.356	37.9	1.4629	3	858.2	2.5	632.9	1.4
1.357	38.0	1.4633	4	860.6	2.4	634.2	1.3
1.358	38.0	1.4637	4	863.1	2.5	635.6	1.4
1.359	38.1	1.4640	3	865.5	2.4	636.9	1.3
1.360	38.2	1.4644	4	868.0	2.5	638.2	1.3
1.361	38.3	1.4648	4	870.4	2.4	639.6	1.4
1.362	38.4	1.4651	3	872.9	2.5	640.9	1.3
1.363	38.4	1.4655	4	875.3	2.4	642.2	1.3
1.364	38.5	1.4659	4	877.8	2.5	643.5	1.3
1.365	38.6	1.4662	3	880.2	2.4	644.9	1.4
1.366	38.7	1.4666	4	882.7	2.5	646.2	1.3
1.367	38.7	1.4670	4	885.1	2.4	647.5	1.3

Densité à 15° par rapport à l'eau à 15°	Degré Baumé correspondant	Indice de réfraction à 20° pour la raie D	Différences sur la 4 ^e décimale	Teneur en sucres en grammes par litre	Différences	Teneur en sucres en grammes par kg.	Différences
1.368	38.8	1.4673	3	887.6	2.5	648.8	1.3
1.369	38.9	1.4677	4	890.0	2.4	650.2	1.3
1.370	39.0	1.4680	3	892.5	2.5	651.5	1.3
1.371	39.0	1.4684	4	894.9	2.4	652.8	1.3
1.372	39.1	1.4688	4	897.4	2.5	654.1	1.3
1.373	39.2	1.4691	3	899.8	2.4	655.4	1.3
1.374	39.3	1.3695	4	902.3	2.5	656.7	1.3
1.375	39.4	1.4699	4	904.7	2.4	658.0	1.3
1.376	39.4	1.4702	3	907.2	2.5	659.3	1.3
1.377	39.5	1.4706	4	909.6	2.4	660.6	1.3
1.378	39.6	1.4710	4	912.1	2.5	661.9	1.3
1.379	39.7	1.4713	3	914.5	2.4	663.2	1.3
1.380	39.7	1.4717	4	917.0	2.5	664.5	1.3
1.381	39.8	1.4721	4	919.4	2.4	665.7	1.2
1.382	39.9	1.4724	3	921.9	2.5	667.0	1.3
1.383	40.0	1.4728	4	924.3	2.4	668.3	1.3
1.384	40.0	1.4732	4	926.8	2.5	669.6	1.3
1.385	40.1	1.4735	3	929.2	2.4	670.9	1.3
1.386	40.2	1.4739	4	931.7	2.5	672.2	1.2
1.387	40.3	1.4743	4	934.1	2.4	673.5	1.3
1.388	40.3	1.4746	3	936.6	2.5	674.8	1.3
1.389	40.4	1.4750	4	939.0	2.4	676.0	1.2
1.390	40.5	1.4753	3	941.5	2.5	677.3	1.3
1.391	40.6	1.4757	4	943.9	2.4	678.6	1.3
1.392	40.6	1.4761	4	946.4	2.5	679.9	1.3
1.393	40.7	1.4764	3	948.8	2.4	681.1	1.2
1.394	40.8	1.4768	4	951.3	2.5	682.4	1.3
1.395	40.9	1.4772	4	953.7	2.4	683.7	1.3
1.396	40.9	1.4775	3	956.2	2.5	684.9	1.2
1.397	41.0	1.4779	4	958.6	2.4	686.2	1.3
1.398	41.1	1.4783	4	961.1	2.5	687.5	1.3
1.399	41.2	1.4786	3	963.5	2.4	688.7	1.2
1.400	41.2	1.4790	4	966.0	2.5	690.0	1.3
1.401	41.3	1.4794	4	968.4	2.4	691.2	1.2
1.402	41.4	1.4797	3	970.9	2.5	692.5	1.3
1.403	41.5	1.4801	4	973.3	2.4	693.7	1.2
1.404	41.5	1.4805	4	975.8	2.5	695.0	1.3

Densité à 15° par rapport à l'eau à 15°	Degré Baumé correspondant	Indice de réfraction à 20° pour la raie D	Différences sur la 4 ^e décimale	Teneur en sucres en grammes par litre	Différences	Teneur en sucres en grammes par kg.	Différences
1.405	41.6	1.4808	3	978.2	2.4	696.2	1.2
1.406	41.7	1.4812	4	980.7	2.5	697.5	1.3
1.407	41.7	1.4816	4	983.1	2.4	698.7	1.2
1.408	41.8	1.4819	3	985.6	2.5	700.0	1.3
1.409	41.9	1.4823	4	988.0	2.4	701.2	1.2
1.410	42.0	1.4826	3	990.5	2.5	702.5	1.3
1.411	42.0	1.4830	4	992.9	2.4	703.7	1.2
1.412	42.1	1.4834	4	995.4	2.5	705.0	1.3
1.413	42.2	1.4837	3	997.8	2.4	706.2	1.2
1.414	42.2	1.4841	4	1000.3	2.5	707.4	1.2
1.415	42.3	1.4845	4	1002.7	2.4	708.6	1.2
1.416	42.4	1.4848	3	1005.2	2.5	709.9	1.3
1.417	42.5	1.4852	4	1007.6	2.4	711.1	1.2
1.418	42.5	1.4856	4	1010.1	2.5	712.3	1.2
1.419	42.6	1.4859	3	1012.5	2.4	713.5	1.2
1.420	42.7	1.4863	4	1015.0	2.5	714.8	1.3
1.421	42.8	1.4867	4	1017.4	2.4	716.0	1.2
1.422	42.8	1.4870	3	1019.9	2.5	717.2	1.2
1.423	42.9	1.4874	4	1022.3	2.4	718.4	1.2
1.424	43.0	1.4878	4	1024.8	2.5	719.6	1.2
1.425	43.0	1.4881	3	1027.2	2.4	720.8	1.2
1.426	43.1	1.4885	4	1029.7	2.5	722.1	1.3
1.427	43.2	1.4889	4	1032.1	2.4	723.3	1.2
1.428	43.3	1.4892	3	1034.6	2.5	724.5	1.2
1.429	43.3	1.4896	4	1037.0	2.4	725.7	1.2
1.430	43.4	1.4899	3	1039.5	2.5	726.9	1.2
1.431	43.5	1.4903	4	1041.9	2.4	728.1	1.2
1.432	43.5	1.4907	4	1044.4	2.5	729.3	1.2
1.433	43.6	1.4910	3	1046.8	2.4	730.5	1.2
1.434	43.7	1.4914	4	1049.3	2.5	731.7	1.2
1.435	43.7	1.4918	4	1051.7	2.4	732.9	1.2
1.436	43.8	1.4921	3	1054.2	2.5	734.1	1.2
1.437	43.9	1.4925	4	1056.6	2.4	735.3	1.2
1.438	44.0	1.4929	4	1059.1	2.5	736.5	1.2
1.439	44.0	1.4932	3	1061.5	2.4	737.6	1.1
1.440	44.1	1.4936	4	1064.0	2.5	738.8	1.2

Densité à 15° par rapport à l'eau à 15°	Degré Baumé correspondant	Indice de réfraction à 20° pour la raie D	Différences sur la 4 ^e décimale	Teneur en sucres en grammes par litre	Différences	Teneur en sucres en grammes par kg.	Différences
1.441	44.2	1.4940	4	1066.4	2.4	740.0	1.2
1.442	44.2	1.4943	3	1068.9	2.5	741.2	1.2
1.443	44.3	1.4947	4	1071.3	2.4	742.4	1.2
1.444	44.4	1.4951	4	1072.8	2.5	743.5	1.1
1.445	44.4	1.4954	3	1076.2	2.4	744.7	1.2
1.446	44.5	1.4958	4	1078.7	2.5	745.9	1.2
1.447	44.6	1.4962	4	1081.1	2.4	747.1	1.2
1.448	44.6	1.4965	3	1083.6	2.5	748.3	1.2
1.449	44.7	1.4969	4	1086.0	2.4	749.4	1.1
1.450	44.8	1.4972	3	1088.5	2.5	750.6	1.2
1.451	44.9	1.4976	4	1090.9	2.4	751.8	1.2
1.452	44.9	1.4980	4	1093.4	2.5	753.0	1.2
1.453	45.0	1.4983	3	1095.8	2.4	754.1	1.1
1.454	45.1	1.4987	4	1098.3	2.5	755.3	1.2
1.455	45.1	1.4991	4	1100.7	2.4	756.5	1.2
1.456	45.2	1.4994	3	1103.2	2.5	757.6	1.1
1.457	45.3	1.4998	4	1105.6	2.4	758.8	1.2
1.458	45.3	1.5002	4	1108.1	2.5	760.0	1.2
1.459	45.4	1.5005	3	1110.5	2.4	761.1	1.1
1.460	45.5	1.5009	4	1113.0	2.5	762.3	1.2
1.461	45.5	1.5013	4	1115.4	2.4	763.4	1.1
1.462	45.6	1.5016	3	1117.9	2.5	764.6	1.2
1.463	45.7	1.5020	4	1120.3	2.4	765.8	1.2
1.464	45.7	1.5024	4	1122.8	2.5	766.9	1.1
1.465	45.8	1.5027	3	1125.2	2.4	768.0	1.1
1.466	45.9	1.5031	4	1127.7	2.5	769.2	1.2
1.467	45.9	1.5034	3	1130.1	2.4	770.3	1.1
1.468	46.0	1.5038	4	1132.6	2.5	771.5	1.2
1.469	46.1	1.5042	4	1135.0	2.4	772.6	1.1
1.470	46.1	1.5045	3	1137.5	2.5	773.7	1.1
1.471	46.2	1.5049	4	1139.9	2.4	774.9	1.2
1.472	46.3	1.5053	4	1142.4	2.5	776.0	1.1
1.473	46.3	1.5056	3	1144.8	2.4	777.1	1.1
1.474	46.4	1.5060	4	1147.3	2.5	778.3	1.2
1.475	46.4	1.5064	4	1149.7	2.4	779.4	1.1
1.476	46.5	1.5067	3	1152.2	2.5	780.6	1.2
1.477	46.6	1.5071	4	1154.6	2.4	781.7	1.1

Densité à 15° par rapport à l'eau à 15°	Degré Baumé correspondant	Indice de réfraction à 20° pour la rate D	Différences sur la 4 ^e décimale	Teneur en sucres en grammes par litre	Différences	Teneur en sucres en grammes par kg.	Différences
1.478	46.7	1.5075	4	1157.1	2.5	782.8	1.1
1.479	46.7	1.5078	3	1159.5	2.4	783.9	1.1
1.480	46.8	1.5082	4	1162.0	2.5	785.1	1.2
1.481	46.9	1.5086	4	1164.4	2.4	786.2	1.1
1.482	46.9	1.5089	3	1166.9	2.5	787.3	1.1
1.483	47.0	1.5093	4	1169.3	2.4	788.4	1.1
1.484	47.1	1.5097	4	1171.8	2.5	789.6	1.2
1.485	47.1	1.5100	3	1174.2	2.4	790.7	1.1
1.486	47.2	1.5104	4	1176.7	2.5	791.8	1.1
1.487	47.3	1.5108	4	1179.1	2.4	792.9	1.1
1.488	47.3	1.5111	3	1181.6	2.5	794.0	1.1
1.489	47.4	1.5115	4	1184.0	2.4	795.1	1.1
1.490	47.5	1.5118	3	1186.5	2.5	796.2	1.1
1.491	47.5	1.5122	4	1188.9	2.4	797.3	1.1
1.492	47.6	1.5126	4	1191.4	2.5	798.4	1.1
1.493	47.7	1.5129	3	1193.8	2.4	799.5	1.1
1.494	47.7	1.5133	4	1196.3	2.5	800.7	1.1
1.495	47.8	1.5137	4	1198.7	2.4	801.8	1.1
1.496	47.8	1.5140	3	1201.2	2.5	802.9	1.1
1.497	47.9	1.5144	4	1203.6	2.4	804.0	1.1
1.498	48.0	1.5148	4	1206.1	2.5	805.1	1.1
1.499	48.0	1.5151	3	1208.5	2.4	806.2	1.1
1.500	48.1	1.5155	4	1211.0	2.5	807.3	1.1

TABLEAU

TABLEAU DES CORRECTIONS DE TEMPÉRATURE A
POUR RAMENER LA LECTURE
Densités indiquées par

	Temp.	1,000	1,020	1,040	1,060	1,080	1,100	1,120	1,140	1,160	1,180	1,200	1,220	1,240
à retrancher	0°	0.3	0.9	1.5	2.1	2.6	3.1	3.6	4.1	4.6	5.1	5.6	6.0	6.3
	1°	0.4	1.0	1.6	2.1	2.6	3.0	3.5	4.0	4.4	4.8	5.3	5.6	5.9
	2°	0.5	1.0	1.6	2.1	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.6	4.9	5.2	5.5
	3°	0.5	1.1	1.7	2.1	2.5	2.8	3.2	3.6	4.0	4.3	4.6	4.9	5.2
	4°	0.5	1.1	1.7	2.1	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6	4.9
	5°	0.5	1.1	1.7	2.1	2.5	2.8	3.0	3.2	3.5	3.8	4.0	4.3	4.5
	6°	0.5	1.1	1.6	2.0	2.3	2.6	2.8	3.0	3.2	3.5	3.7	3.9	4.1
	7°	0.5	1.0	1.5	1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.2	3.3	3.5	3.6
	8°	0.5	1.0	1.4	1.6	1.9	2.1	2.3	2.4	2.6	2.8	3.0	3.1	3.2
	9°	0.5	0.9	1.2	1.4	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.5	2.6	2.7	2.8
	10°	0.4	0.8	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4
	11°	0.4	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9
	12°	0.3	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4
	13°	0.2	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0
	14°	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
	15°	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
	16°	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
	17°	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0
	18°	0.6	0.5	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4
	19°	0.7	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.5	1.7	1.8	1.8	1.9
	20°	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4
à ajouter	21°	1.0	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.3	2.5	2.7	2.8	2.9
	22°	1.2	1.4	1.7	1.8	2.1	2.3	2.5	2.6	2.8	3.0	3.1	3.2	3.4
	23°	1.4	1.7	1.9	2.2	2.4	2.6	2.9	3.1	3.2	3.4	3.6	3.7	3.9
	24°	1.6	1.9	2.2	2.5	2.8	3.0	3.3	3.5	3.7	3.9	4.0	4.2	4.4
	25°	1.8	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	3.9	4.1	4.3	4.5	4.7	4.9
	26°	2.0	2.5	2.8	3.1	3.5	3.8	4.1	4.3	4.5	4.7	5.0	5.2	5.4
	27°	2.3	2.7	3.1	3.5	3.8	4.1	4.5	4.7	5.0	5.2	5.5	5.7	6.0
	28°	2.5	3.0	3.4	3.8	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	6.5
	29°	2.8	3.3	3.7	4.2	4.6	4.8	5.2	5.6	5.9	6.2	6.5	6.8	7.1
	30°	3.1	3.5	4.0	4.5	4.9	5.2	5.6	6.0	6.4	6.7	7.1	7.4	7.7
	31°	3.4	3.9	4.4	4.9	5.4	5.7	6.1	6.6	6.9	7.3	7.6	8.0	8.3
	32°	3.7	4.2	4.8	5.3	5.7	6.1	6.6	7.0	7.4	7.8	8.2	8.6	8.9
	33°	3.9	4.6	5.1	5.6	6.1	6.6	7.0	7.5	7.9	8.4	8.8	9.2	9.5
	34°	4.3	4.9	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	8.9	9.4	9.8	10.1
	35°	4.6	5.2	5.8	6.4	6.9	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.4	10.8
	36°	5.0	5.6	6.2	6.8	7.3	7.9	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.4
	37°	5.4	6.0	6.6	7.2	7.7	8.4	9.0	9.5	10.0	10.6	11.1	11.6	12.0
	38°	5.7	6.3	7.0	7.6	8.2	8.9	9.5	10.1	10.6	11.2	11.7	12.2	12.6
	39°	6.0	6.7	7.4	8.0	8.7	9.4	10.0	10.6	11.1	11.7	12.3	12.7	13.1
	40°	6.3	7.1	7.8	8.5	9.1	9.8	10.5	11.1	11.6	12.2	12.8	13.3	13.7
	41°	6.7	7.5	8.2	8.9	9.5	10.3	11.0	11.6	12.1	12.7	13.3	13.9	14.3
	42°	7.1	7.9	8.6	9.3	10.0	10.7	11.4	12.1	12.6	13.2	13.9	14.4	14.9
	43°	7.5	8.3	9.1	9.8	10.5	11.2	11.9	12.5	13.1	13.8	14.5	15.0	15.5
	44°	7.9	8.7	9.5	10.2	10.9	11.6	12.3	13.0	13.7	14.4	15.1	15.7	16.2
	45°	8.3	9.2	10.0	10.7	11.4	12.2	12.9	13.6	14.3	15.0	15.7	16.3	16.8
	46°	8.8	9.6	10.4	11.2	11.9	12.7	13.5	14.2	14.9	15.6	16.3	16.9	17.5
	47°	9.2	10.0	10.9	11.7	12.5	13.3	14.1	14.8	15.6	16.3	17.0	17.6	18.2
	48°	9.6	10.5	11.3	12.1	12.9	13.8	14.6	15.4	16.2	16.9	17.6	18.3	18.9
	49°	10.0	10.9	11.8	12.6	13.4	14.3	15.2	16.0	16.8	17.5	18.2	18.9	19.6
	50°	10.4	11.3	12.3	13.2	14.0	14.9	15.8	16.6	17.5	18.3	19.0	19.7	20.3

AFFECTER A LA 3^e DÉCIMALE DE LA DENSITÉA 15^e DE TEMPÉRATURE

densimètre à t°

Temp.	1,260	1,280	1,300	1,320	1,340	1,360	1,380	1,400	1,420	1,440	1,460	1,480	1,500
0°	6.6	6.9	7.2	7.6	7.9	8.1	8.4	8.7	9.0	9.3	9.5	9.7	10.0
1°	6.2	6.5	6.8	7.1	7.4	7.6	7.9	8.1	8.4	8.6	8.9	9.1	9.3
2°	5.8	6.1	6.3	6.6	6.9	7.1	7.3	7.5	7.8	8.0	8.2	8.4	8.6
3°	5.5	5.7	5.9	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.6	7.8	8.0
4°	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.5	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4
5°	4.7	4.9	5.1	5.3	5.4	5.6	5.8	5.9	6.1	6.2	6.4	6.6	6.7
6°	4.3	4.4	4.6	4.8	4.9	5.1	5.2	5.3	5.5	5.6	5.8	6.0	6.1
7°	3.8	4.0	4.1	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.9	5.0	5.1	5.3	5.4
8°	3.4	3.5	3.7	3.7	3.8	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7
9°	2.9	3.1	3.2	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1
10°	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3	3.4
11°	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7
12°	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.0	2.0
13°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
14°	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
15°	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
16°	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
17°	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4
18°	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0
19°	2.0	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.7
20°	2.5	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4
21°	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.7	3.8	3.9	4.0	4.0	4.1
22°	3.5	3.7	3.8	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.7	4.8
23°	4.1	4.2	4.4	4.5	4.6	4.8	4.9	5.0	5.1	5.2	5.4	5.5	5.6
24°	4.6	4.7	4.9	5.1	5.2	5.4	5.6	5.7	5.8	5.9	6.1	6.2	6.3
25°	5.1	5.2	5.4	5.6	5.8	6.0	6.2	6.3	6.4	6.6	6.8	6.9	7.0
26°	5.7	5.8	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	6.9	7.0	7.2	7.4	7.5	7.7
27°	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.5	7.7	7.9	8.1	8.3	8.4
28°	6.8	7.1	7.3	7.5	7.8	7.9	8.1	8.3	8.4	8.6	8.8	8.9	9.1
29°	7.4	7.7	7.9	8.1	8.3	8.5	8.7	8.9	9.1	9.3	9.4	9.6	9.7
30°	8.0	8.3	8.5	8.7	8.9	9.1	9.3	9.5	9.7	9.9	10.0	10.2	10.4
31°	8.6	8.9	9.1	9.3	9.6	9.8	10.0	10.2	10.4	10.6	10.7	10.9	11.0
32°	9.2	9.5	9.8	10.0	10.3	10.5	10.6	10.8	11.0	11.2	11.3	11.5	11.7
33°	9.9	10.2	10.4	10.6	10.9	11.1	11.3	11.5	11.7	11.9	12.0	12.2	12.4
34°	10.5	10.8	11.1	11.3	11.6	11.8	11.9	12.1	12.3	12.5	12.6	12.8	13.0
35°	11.1	11.5	11.8	12.0	12.2	12.4	12.6	12.8	13.0	13.2	13.3	13.5	13.6
36°	11.7	12.1	12.4	12.6	12.8	13.0	13.3	13.5	13.7	13.9	14.0	14.2	14.3
37°	12.3	12.7	13.0	13.2	13.5	13.7	13.9	14.1	14.4	14.6	14.7	14.9	15.0
38°	12.9	13.3	13.6	13.9	14.2	14.4	14.6	14.8	15.1	15.3	15.5	15.6	15.7
39°	13.5	13.9	14.2	14.5	14.8	15.0	15.3	15.5	15.8	16.0	16.2	16.3	16.4
40°	14.1	14.5	14.8	15.1	15.4	15.7	16.0	16.3	16.5	16.7	16.9	17.0	17.1
41°	14.7	15.1	15.5	15.8	16.1	16.4	16.7	17.0	17.2	17.4	17.6	17.8	17.9
42°	15.3	15.8	16.2	16.5	16.8	17.1	17.4	17.7	18.0	18.2	18.4	18.6	18.8
43°	16.0	16.4	16.8	17.2	17.5	17.9	18.2	18.5	18.8	19.0	19.2	19.4	19.6
44°	16.7	17.1	17.5	17.9	18.2	18.6	18.9	19.2	19.5	19.7	19.9	20.1	20.4
45°	17.3	17.8	18.2	18.6	19.0	19.3	19.6	19.9	20.2	20.4	20.6	20.9	21.2
46°	18.0	18.5	18.9	19.3	19.7	20.0	20.3	20.6	20.9	21.2	21.4	21.7	22.0
47°	18.7	19.2	19.6	20.0	20.4	20.7	21.0	21.3	21.6	21.9	22.2	22.5	22.8
48°	19.4	19.9	20.3	20.7	21.1	21.4	21.7	22.0	22.3	22.6	22.9	23.2	23.6
49°	20.1	20.6	21.0	21.4	21.8	22.1	22.4	22.7	23.0	23.3	23.6	23.9	24.3
50°	20.8	21.3	21.7	22.1	22.5	22.8	23.1	23.4	23.7	24.0	24.3	24.6	25.0

TABLEAU DES CORRECTIONS DE TEMPÉRATURE A
POUR RAMENER LA LECTURE

Indices

	Temp.	1,330	1,340	1,350	1,360	1,370	1,380	1,390	1,400	1,410	1,420
à retrancher	0°	0.8	1.0	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.4	2.6	2.8
	1°	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7
	2°	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5
	3°	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.4
	4°	0.7	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.1	2.2
	5°	0.7	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	2.1
	6°	0.7	0.9	1.0	1.1	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0
	7°	0.7	0.8	0.9	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
	8°	0.6	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
	9°	0.6	0.7	0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5
	10°	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4
	11°	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3
	12°	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2
	13°	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0
	14°	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9
	15°	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8
	16°	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6
	17°	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5
	18°	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3
	19°	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
	20°	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
à ajouter	21°	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2
	22°	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4
	23°	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5
	24°	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7
	25°	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9
	26°	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1
	27°	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4
	28°	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
	29°	0.8	0.9	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
	30°	0.9	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
	31°	1.0	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
	32°	1.1	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4
	33°	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6
	34°	1.3	1.5	1.7	1.9	2.1	2.2	2.3	2.5	2.6	2.8
	35°	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.5	2.7	2.8	3.0
	36°	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.0	3.2
	37°	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.2	3.4
	38°	1.8	2.0	2.3	2.5	2.7	2.9	3.0	3.2	3.4	3.6
	39°	1.9	2.1	2.4	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8
	40°	2.1	2.3	2.6	2.8	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0
	41°	2.2	2.4	2.7	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2
	42°	2.4	2.6	2.9	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.2	4.4
	43°	2.5	2.8	3.1	3.3	3.5	3.8	4.0	4.2	4.4	4.6
	44°	2.7	2.9	3.2	3.5	3.7	4.0	4.2	4.5	4.7	4.9
	45°	2.8	3.1	3.4	3.7	3.9	4.2	4.4	4.7	4.9	5.1
	46°	2.9	3.3	3.6	3.9	4.1	4.4	4.6	4.9	5.1	5.3
	47°	3.1	3.5	3.8	4.1	4.3	4.6	4.8	5.1	5.3	5.5
	48°	3.3	3.6	3.9	4.2	4.4	4.7	5.0	5.3	5.5	5.7
	49°	3.3	3.8	4.1	4.4	4.6	4.9	5.2	5.5	5.7	5.9
	50°	3.6	4.0	4.3	4.6	4.8	5.1	5.4	5.7	5.9	6.2

AFFECTER A LA 3^e DÉCIMALE DE L'INDICE DE RÉFRACTION
A 20° DE TEMPÉRATURE

à t°

	Temp.	1,430	1,440	1,450	1,460	1,470	1,480	1,490	1,500	1,510	1,520
à retrancher	0°	2.9	3.1	3.3	3.4	3.6	3.7	3.9	4.0	4.1	4.3
	1°	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.5	3.7	3.8	3.9	4.1
	2°	2.6	2.8	3.0	3.1	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.9
	3°	2.5	2.6	2.8	2.9	3.1	3.2	3.4	3.4	3.5	3.6
	4°	2.3	2.5	2.6	2.8	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3	3.4
	5°	2.2	2.4	2.5	2.6	2.8	2.9	3.0	3.1	3.1	3.2
	6°	2.1	2.2	2.3	2.4	2.6	2.7	2.8	2.9	2.9	3.0
	7°	1.9	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9
	8°	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.4	2.5	2.6	2.6	2.7
	9°	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.4	2.4	2.6
	10°	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4
	11°	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2
	12°	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
	13°	1.1	1.0	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7
	14°	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4
	15°	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
	16°	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0
	17°	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7
	18°	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5
	19°	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	20°	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
à ajouter	21°	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	22°	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	23°	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8
	24°	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
	25°	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
	26°	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5
	27°	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8
	28°	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.1
	29°	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.3	2.3	2.4
	30°	2.1	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6
	31°	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	2.9
	32°	2.5	2.5	2.7	2.8	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1	3.2
	33°	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.3	3.4	3.5
	34°	2.9	3.0	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.6	3.7	3.8
	35°	3.1	3.2	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1
	36°	3.3	3.4	3.6	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.3	4.4
	37°	3.5	3.6	3.8	3.9	4.1	4.2	4.3	4.4	4.6	4.7
	38°	3.7	3.8	4.0	4.1	4.2	4.5	4.6	4.7	4.9	5.0
	39°	3.9	4.0	4.2	4.3	4.5	4.7	4.8	4.9	5.1	5.3
	40°	4.2	4.3	4.5	4.6	4.8	4.9	5.1	5.2	5.4	5.6
	41°	4.4	4.5	4.7	4.8	5.0	5.1	5.3	5.4	5.6	5.8
	42°	4.6	4.8	5.0	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	5.9	6.1
	43°	4.8	5.1	5.3	5.4	5.6	5.7	5.9	6.0	6.2	6.4
	44°	5.1	5.3	5.5	5.7	5.9	6.0	6.2	6.3	6.5	6.7
	45°	5.3	5.5	5.7	5.9	6.1	6.2	6.4	6.5	6.7	6.9
	46°	5.5	5.7	5.9	6.1	6.3	6.5	6.7	6.8	7.0	7.2
	47°	5.7	6.0	6.2	6.3	6.5	6.7	6.9	7.1	7.3	7.5
	48°	6.0	6.2	6.4	6.6	6.8	7.0	7.2	7.4	7.5	7.7
	49°	6.2	6.5	6.7	6.9	7.1	7.3	7.5	7.7	7.8	8.0
	50°	6.4	6.7	6.9	7.1	7.3	7.5	7.7	7.9	8.1	8.3

TABLEAU IV
TABLEAU DES CORRECTIONS DE TEMPÉRATURE
A AFFECTER AU DEGRÉ BAUMÉ
POUR RAMENER LA MESURE A 15° DE TEMPÉRATURE
Degrés Baumé lus

	Temp.	5°	15°	25°	35°	45°
à retrancher	0	0,2	0,4	0,6	0,6	0,6
	2	0,2	0,4	0,5	0,5	0,6
	4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5
	6	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4
	8	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
	10	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
	12	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	18	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
à ajouter	20	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	22	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
	24	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4
	26	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5
	28	0,4	0,5	0,6	0,6	0,6
	30	0,5	0,6	0,7	0,7	0,7
	32	0,6	0,7	0,8	0,8	0,8
	34	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9
	36	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
	38	0,9	1,1	1,2	1,1	1,0
	40	1,0	1,2	1,3	1,2	1,1
	42	1,1	1,3	1,4	1,3	1,2
	44	1,3	1,4	1,5	1,5	1,3
	46	1,4	1,5	1,6	1,6	1,4
	48	1,5	1,6	1,7	1,7	1,5
	50	1,6	1,8	1,9	1,8	1,6

TABLEAU V

Table donnant les teneurs en sucres des moûts naturels dont l'indice est mesuré avec le petit réfractomètre Zeiss gradué en grammes de saccharose pour 100 grammes de solution.

Comparaison des formules de BOUFFARD, de Mlle LAMAZOU-BETBEDER et de JAULMES et SIMONNEAU, cf. p. 30-31-32 et 34.

Indices de réfraction en g. saccharose p. 100 g.	Indices de réfraction ⁽¹⁾	Sucres en grammes par litre.				Sucres en g. par kg.	
		selon BOUFFARD	selon Mlle LAMAZOU-BETBEDER	selon JAULMES et SIMONNEAU	Diff.	selon JAULMES et SIMONNEAU	Diff.
10	1,3475	84,0	77,5	83,4		80,2	
11	1,3491	94,8	88,8	93,8	10,4	89,8	9,6
12	1,3507	105,8	100,1	104,8	11,0	99,9	10,1
13	1,3522	116,8	111,4	115,0	10,2	109,2	9,3
14	1,3538	128,0	122,7	125,6	10,6	118,9	9,7
15	1,3554	139,2	134,0	136,2	10,6	128,3	9,4
16	1,3571	150,6	145,3	147,7	11,5	138,6	10,3
17	1,3587	162,0	156,6	158,7	11,0	148,2	9,6
18	1,3604	173,5	167,9	169,7	11,0	157,9	9,7
19	1,3620	185,1	179,2	180,7	11,0	167,4	9,5
20	1,3637	196,8	190,5	191,8	11,1	176,9	9,5
21	1,3654	208,8	201,8	203,4	11,6	186,8	9,9
22	1,3671	220,6	213,1	215,0	11,6	196,6	9,8
23	1,3687	232,5	224,4	225,5	10,5	205,4	8,8
24	1,3704	244,6	235,7	237,0	11,5	215,6	10,2
25	1,3721	256,8	247,0	248,7	11,7	224,6	9,0
26	1,3739	269,1	258,3	260,4	11,7	234,1	9,5
27	1,3757	281,6	269,6	272,6	12,2	244,1	10,0
28	1,3774	294,1	280,9	284,1	11,5	253,2	8,9
29	1,3792	306,7	292,2	296,3	12,2	263,0	10,8
30	1,3810	319,4	303,5	308,1	11,8	272,3	9,3

⁽¹⁾ Indiqués par BOLL et BAUD, *Mémento du chimiste*, I, 1942, p. 444, Dunod, Paris, dont les valeurs correspondent bien à la réalité.

En ma qualité de Censeur de
tour, j'ai lu la Thèse ayant pour
titre :

*Etude sur les moûts concentrés de
raisins*

par Georges SIMONNEAU.

Je pense que la Faculté peut
en permettre l'impression.

Montpellier, le 29 Mai 1945.

Le Président de la thèse :

P. JAULMES.

Vu :

Montpellier, le 29 Mai 1945

le Doyen :

A. ASTRUC.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER
Montpellier, le 30 Mai 1945.

pour le Recteur :

le Doyen délégué,

A. ASTRUC

DEUXIÈME QUESTION

proposée par la Faculté

LA FLUORESCENCE

Ses applications en analyse chimique

SORTI DES PRESSES DE L'IMPRIMERIE DE LA CHARITÉ
A MONTPELLIER

LE 25 MARS 1946

